Ф. Мюллер

ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

Ferdinand Müller

LEITFADEN DER FERNLENKUNG

Eine systematische Zusammenstellung der Verfahren und Anlagen der Fernlenkung

GARMISCH-PARTENKIRCHEN
1955

Ф. МЮЛЛЕР

ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И УСТАНОВОК ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Перевод с немецкого
Е. А. РУМЯНЦЕВА, А. А. МАЛЕВИЧА,
А. Е. АКИНДЕЕВА

Под редакцией
доктора технических наук
профессора инженер-полковника
А. А. КРАСОВСКОГО

Издательство
ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва, 1957

АННОТАЦИЯ

В книге сделана попытка всеобъемлющей систематизации телеуправляемых объектов. Рассматриваются принципы построения систем управления на расстоянии и методы наведения на цель. Дается описание проектов и образцов немецких управляемых снарядов времен второй мировой войны и некоторых английских и американских разработок в этой области.

Книга может быть рекомендована для определенного круга специалистов тех отраслей техники, где управление на расстоянии применяется или может быть применено. Она также может быть рекомендована в качестве пособия для студентов соответствующих вузов и всех тех, кто этой перспективной областью техники интересуется.

Редакция литературы по военным вопросам

Начальник И. Г. ФРОЛОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое применение телеуправления в энергетике, промышленности, транспорте и особенно в военной технике создает острую потребность в литературе по вопросам управления на расстоянии.

В последнее время за границей было опубликовано несколько трудов, в которых сделаны попытки обобщить обширный опыт проектирования и создания систем управления снарядами и другими беспилотными объектами. К числу таких трудов относится предлагаемая вниманию читателя книга немецкого специалиста Ф. Мюллера, изданная Немецким радарным издательством в 1955 г.

Первая глава книги посвящена классификации телеуправляемых объектов. Эта классификация громоздка и в ряде случаев расходится с применяемой в нашей отечественной литературе.

Во второй главе рассматриваются принципы построения систем управления и методы наведения на цель. Многие из приводимых здесь способов формирования, передачи и выполнения сигналов управления используются в отдельных отраслях современной техники, но особенно широко в авиации и управляемых снарядах. Есть все основания полагать, что области применения этих способов будут множиться и расширяться.

Заключительная глава книги, наибольшая по объему, содержит описание образцов и проектов немецких управляемых снарядов времен второй мировой войны, а также перечисление некоторых английских и американских разработок в той же области. Понятно, что в подавляющем большинстве случаев тактико-технические данные описываемых систем устарели и не соответствуют современным требованиям. Устарели также и некоторые

принципы построения систем, ставшие непригодными для условий больших скоростей и высот полета. Однако эта глава содержит многочисленные полезные данные и характеристики, а также указания на организацию научных изысканий и разработок в соответствующей области.

В целом книга представит несомненный интерес для многих специалистов.

А. А. Красовский.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Телеуправление является одной из многих областей нового применения техники электрической связи. Как и во многих других случаях, к сожалению, в вопросах телеуправления только военная техника оказалась в состоянии перейти от в принципе уже давно ясной теоретической постановки проблемы к осуществлению практических проектов в широких масштабах.

Для того чтобы сделать обзор развития этой интересной области техники, что является задачей настоящей работы, волей-неволей придется обратиться к истории развития вооружений в период второй мировой войны. Но, прежде чем приступить к рассмотрению конкретных проектов, в первой части книги сделана попытка систематизации телеуправляемых объектов. При этом не делалось различия между осуществленными и неосуществленными проектами.

Во второй части рассматриваются проблемы и методы телеуправления. Особое внимание уделено постановке проблем и возможностям их решения с помощью техники электрической связи, в то время как другие отрасли физики и техники, имеющие отношение к реализации проектов телеуправления, упомянуты только вскользь.

Эти замечания относятся и к третьей части, в которой приводятся отдельные данные о некоторых системах телеуправления, созданных в Германии до 1945 года. Необходимо заметить, что в моем распоряжении имеются лишь немногие и далеко не полные материалы. Многие приведенные в книге детали и данные — особенно в разделах 3.3 и 3.5 — восстановлены по памяти и поэтому могут претендовать только на правильность основных положений и порядка величин.

Прилагаемый список литературы содержит, кроме нескольких специальных трудов и отчетов по рассматриваемой здесь особой области техники, целый ряд общих работ, которые более или менее тесно связаны с техническими вопросами, затронутыми в настоящей книге. В тексте также дано много ссылок на литературу и источники.

Касаясь порядка изложения материала в книге, следует заметить, что во всех ее разделах применена десятичная система нумерации в соответствии с DIN 1421[1] и проведена очень широкая детализация материала. Я надеюсь, что это будет отвечать моему обещанию, данному в подзаголовке книги. Той же цели должны служить частые ссылки на различные разделы книги по ходу изложения материала. Я сознаю, что они несколько затруднят чтение, но вместе с тем они существенно помогут мне в систематизации изложения материала.

Дармштадт, Мюнстер (Вестфалия), Геттинген, 1953 г.

Фердинанд Мюллер.

[1] Немецкий (промышленный) стандарт. — *Прим. перев.*

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СИСТЕМАТИКА ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Возбуждение определенных процессов в одном месте в результате выдачи команд в другом — поскольку они не служат для чистой передачи информации — называется обычно у п р а в л е н и е м н а р а с с т о я н и и. Если при этом речь идет о воздействии на движение безэкипажных объектов на суше, на воде и в воздухе, то говорят о т е л е у п р а в л е н и и[1]. Телеуправление включает в себя следующие элементы:

1.11. Выдача команды.
1.12. Передача команды.
1.13. Прием команды.
1.14. Преобразование команды.
1.15. Исполнение команды.

Участок 1.11—1.13 представляет собой специальный случай передачи информации для целей д и с т а н ц и о н н о г о у п р а в л е н и я (например, реле, выключателями и т. п.), в то время как звенья 1.14 и 1.15 служат для превращения команды в воздействие на движение объекта (обычно через сервомоторы различных типов).

Решение задач названного типа является делом техники управления на расстоянии, одной из обширных областей техники электрической связи. Ее важнейшими средствами являются электронные приборы (например, передатчики, приемники, усилители), а также преобразователи энергии самых разнообразных типов (например, источники света и фотоэлементы, микрофоны и телефоны, двигатели и генераторы).

[1] В более общем виде телеуправление определяется как управление на расстоянии любыми объектами (подвижными и неподвижными) посредством сигналов, мощность которых значительно меньше мощности управляемых процессов. — *Прим. ред.*

Первой ступенью телеуправления является вождение по сигналам телеуправления [54][1], при котором управляемый объект имеет экипаж и преобразование принятой команды в перемещение управляющего органа происходит с помощью человеческого мозга и рук. Подобные методы здесь рассматриваться не будут. Если передача команды „замкнута накоротко”, то есть места формирования команды и ее исполнения совпадают в телеуправляемом объекте, то говорят об автономном управлении. Оно может представлять собой, смотря по совершенству метода, или начальную ступень, или дальнейшее развитие собственно телеуправления. Ввиду этой тесной связи автономному управлению будет также уделено внимание в последующем изложении материала.

Подробно изучая процессы управления, необходимо в строгой последовательности рассмотреть:

1. Чем нужно управлять? (Типы телеуправляемых объектов, раздел 1.2.)

2. Откуда и куда объект должен быть направлен? (Траектории телеуправляемых объектов, раздел 1.3.)

3. Каким образом может объект управляться? (Техника телеуправления, глава 2.)

Кроме собственно управления, нужно рассмотреть в связи с ним еще вопрос получения исходных данных для задания команд управления. Оно сводится в общем к решению задачи определения координат. (Методы определения координат, раздел 2.4.) Наконец следует выяснить, что произойдет с телеуправляемым объектом или что должно с ним произойти, когда он достигнет своей цели или пройдет мимо нее. (Исполнение специальных команд, раздел 2.6.)

1.2. ТИПЫ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

В принципе всякий способный к движению в пространстве объект может быть телеуправляем. Методы телеуправления и устройство необходимой в каждом отдельном случае аппаратуры зависят от многих факторов,

[1] В квадратных скобках указан номер источника по указателю литературы, помещенному в конце книги.

важнейшие из которых будут рассмотрены в этом и последующих разделах первой главы. Как и при любой классификации, здесь также имеются различные возможности детализации. Принятая для этой цели система должна в первую очередь указывать на многообразие в постановке проблемы, которое может встретиться при решении задач телеуправления.

Прежде всего следует различать управляемые объекты, служащие лишь для транспортирования „носителя действия”, после срабатывания которого они либо разрушаются, либо доставляются в определенное место, и такие объекты, которые непосредственно сами оказывают желаемое воздействие на цель. Отсюда следует примерно следующая классификация.

1.21. Управляемые носители специальных приборов и средств (если речь идет о боевых задачах — см. предисловие, — то „приборы и средства” могут быть оружием):

1.211. С возвращением или с „посадкой” в заранее назначенном или выбранном посредством телеуправления месте.

1.212. Без возвращения, то есть без предусмотренной посадки.

Здесь имеются в виду любые средства передвижения (по суше, по воде, в воздухе и в межпланетном пространстве) в их обычном смысле.

1.22. Управляемые „носители действия” то есть объекты, которые не только несут на себе приборы и другие средства, но должны сами выполнить над целью определенную задачу.

Существует еще один вид телеуправляемых объектов, назначение которых состоит только в том, чтобы двигаться по заранее предписанной траектории, — это модели сухопутных и водных транспортных машин всех типов. Они почти могут быть отнесены к управляемым носителям приборов, если не принимать в расчет отсутствие полезного груза. Названные типы управляемых объектов ниже рассмотрены подробнее. Приводимые примеры целей применения и форм исполнения должны — здесь, как и в последующих разделах, без притязания на полноту — указать лишь на некоторые возможности.

1.21. Управляемые носители специальных приборов и средств

1.211. *С возвращением или с посадкой.*

1.211.1. Для наблюдения. Сюда относятся следующие возможности применения: производство измерений в местах, где использование транспорта, управляемого человеком, было бы сопряжено с большими опасностями для последнего или в том случае, когда оборудование транспорта средствами телеуправления является более экономичным, чем использование наблюдателей; конкретно:

производство измерений в зонах радиоактивного заражения;

исследование ионосферы и высотных потоков (высотные ракеты);

исследование морских глубин;

метеорологические наблюдения;

выполнение разведывательных задач с помощью телевизионных, инфракрасных и других камер.

В соответствии с поставленной задачей результаты наблюдения (измеренная величина, снимок) могут регистрироваться на борту носителя приборов или передаваться по линии связи на место старта или в другое место.

1.211.2. Для доставки средств поражения: разрывных зарядов (телеуправляемые танки); мин (телеуправляемые суда); бомб, мин, листовок, маркерных радиомаяков и т. п. (телеуправляемые самолеты), снарядов или ракет (телеуправляемые объекты всех видов). Сюда надо отнести также транспортирование частей конструкции и приборов всех типов на другие небесные тела, включая искусственные спутники (межпланетные станции); у космических кораблей, имеющих экипаж, необходимо также предусматривать телеуправление или автономное управление по крайней мере на период разгона после старта и, смотря по обстоятельствам, на период торможения перед посадкой.

1.211.3. В качестве макетов цели. Сюда относятся движущиеся мишени всех типов, например макеты танков, суда-мишени, самолеты-мишени, суда и самолеты—буксировщики мишеней.

1.211.4. Модели сухопутных и водных транспортных *машин* всех типов (см. выше). В категории 1.211 (с возвращением или с посадкой) следует еще различать, возвращается ли управляемый объект на исходный пункт, приземляется ли (причаливает) в другом заранее установленном месте или он должен приводиться с помощью телеуправления в любое другое место.

1.212. *Без возвращения или без предусмотренной посадки.*

1.212.1. Для наблюдения. Если, как в приведенных в 1.211.1 примерах, предусматривается телепередача измеренных величин или снимков на разведывательный пункт, то возвращение носителя приборов не является необходимым. Но переход к одноразовому действию, к объектам без посадки осуществляется обычно только тогда, когда посадка телеуправляемого объекта невозможна по техническим или организационным причинам, требует больших затрат или не является гарантированной. Например, в случае разведки вражеской территории при высокой вероятности поражения управляемых средств наблюдения, при ограниченности радиуса действия из-за недостаточного запаса горючего, в случае использования беспилотных высотных ракет. Следует напомнить о возможности сбрасывания измерительных или регистрирующих устройств на парашютах, в то время как сам объект (например, ракета) пропадает.

1.212.2. Для доставки средств поражения. Здесь действительны соображения, изложенные в разделе 1.212.1. Можно только добавить, что полезная нагрузка, если отказаться от возвращения управляемого объекта, может быть увеличена за счет топлива. Сюда нужно отнести межпланетные корабли, которые должны, например, доставлять на другие небесные тела только сигнальные средства (первая лунная ракета). Сюда также можно было бы отнести сбрасываемые стартовые ускорители и нижние ступени составных ракет.

1.212.3. В качестве макетов цели.

Движущиеся мишени в случае их разрушения из-за попадания.

1.22. Управляемые средства поражения

1.221. *Боевые средства передвижения:* танки, корабли, самолеты и т. п., которые должны, как единое целое, вызывать желаемое воздействие.

1.221.1. Носители взрывных зарядов, например танки-фугасы, катера-снаряды, самолеты-снаряды, ракеты перехвата.

1.221.2. Объекты, создающие ложный эффект и радиопомехи, например макеты подводных лодок, самолеты с передатчиками помех. Они имеют обычно собственный двигатель.

1.222. *Сбрасываемые тела.* К ним относятся: бомбы падающие, планирующие (фугасные, бомбы-мины, бомбы снабжения); самолеты-торпеды (надводные, подводные). Эти объекты могут быть:

1.222.1. Без собственного двигателя.

1.222.2. С собственным двигателем.

1.223. *Снаряды:*

1.223.1. Без собственного двигателя (артиллерийские снаряды).

1.223.2. С собственным двигателем (ракеты всех типов, торпеды).

Табл. 1 дает обобщение приведенной в разделе 1.2 классификации.

Таблица 1

ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ

Управляемые носители приборов		Управляемые средства поражения
с возвращением	без возвращения	
Наблюдение		Носители зарядов, объекты ложного эффекта
с телепередачей данных или без нее	с телепередачей данных	
Сбрасывание средств поражения		Сбрасываемые тела
Макеты целей		Снаряды без собственного двигателя и с собственным двигателем
без разрушения	с разрушением вследствие попадания	
Модели	—	Прочие

1.3. ТРАЕКТОРИИ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Если в основу приведенной в разделе 1.2 классификации положено различие телеуправляемых объектов по целям их применения, то здесь будет дана классификация их по траекториям движения. Можно было бы снова для каждого из многочисленных случаев привести отдельные примеры применения; однако важно лишь выявить главные признаки, которые нам позволят произвести классификацию определенных объектов. Прежде всего можно различать:

1.31. Место старта и цели

Место старта и цели возможно:

1.311. На земле.
1.312. На воде.
1.313. В воздухе.
1.314. В межпланетном пространстве.

Это уже дает 16 категорий объектов, причем отдельные объекты могут применяться для поражения различных целей или иметь различные места старта (например, телеуправляемые бомбы могут применяться для поражения целей на суше и на воде). Число теоретически возможных комбинаций возрастет до 25, если далее различать места старта или цели:

1.312.1. На воде.
1.312.2. Под водой.

1.314. В межпланетном пространстве. Некоторые из них представлены графически на рис. 1, причем первая цифра по принятой выше схеме означает место старта, а вторая — место цели.

1.32. Траектория

Кроме отличия по месту старта и цели, можно провести еще различие по траектории следования телеуправляемого объекта от старта к цели. Так, например, наземная цель может быть достигнута с суши (1—1) при движении **объекта:**

1. По поверхности земли с помощью наземных телеуправляемых машин (1—1—1).

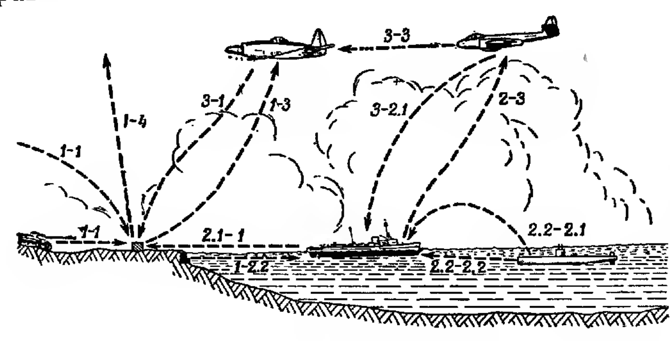


Рис. 1. Некоторые возможные варианты старта и цели телеуправляемых объектов.

2. По водной поверхности, лежащей между стартом и целью, с помощью телеуправляемых амфибий (1—2—1).

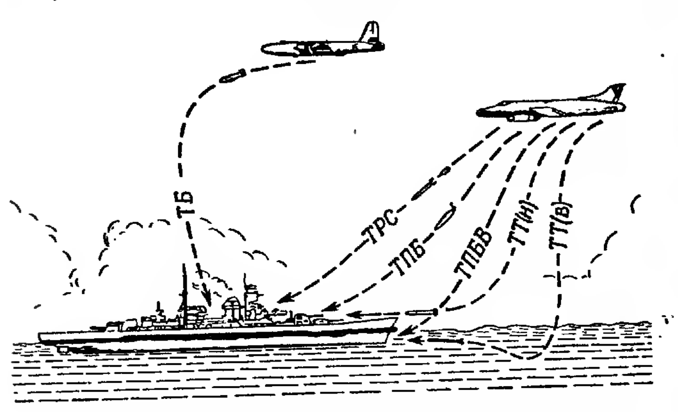


Рис. 2. Возможности воздушной атаки морской цели.
ТБ — телеуправляемые бомбы; *ТРС* — телеуправляемые реактивные снаряды; *ТПБ* — телеуправляемые планирующие бомбы; *ТПБВ* — телеуправляемые планирующие бомбы с погружением в воду; *ТТ(н)* — телеуправляемые торпеды (надводные); *ТТ(в)* — телеуправляемые торпеды (подводные).

3. По воздуху с помощью телеуправляемых снарядов (1—3—1).

Корабль может быть достигнут с подводной лодки (2.2—2):

2.1. На поверхности воды, когда подводная лодка находится в надводном положении (2.2—2.1—2.1).

2.2. Под водой с помощью торпеды (2.2—2.2—2.2).

3. С воздуха с помощью реактивных снарядов (2.2—3—2.1).

На рис. 2 показаны также примеры атаки морской цели с самолета (3.2).

Обобщение описанных возможностей дано в табл. 2. Кроме места старта и цели можно еще в качестве важного признака, отличающего объекты, указать на различные типы старта.

1.33. Тип старта

В зависимости от вида специального объекта старт осуществляется как:

1.331. Выезд.
1.332. Взлет.
1.333. Сброс.
1.334. Выстрел.

Далее, старт может подразделяться на:

1.331.1. Свободный, то есть без придания стартующему объекту особого направления.

1.331.2. Направленный (направляющие пути: рельсы, полозья, трубы).

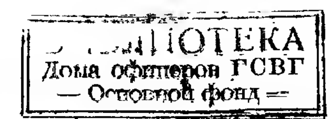
1.332.1. Без дополнительного стартового двигателя,

1.332.2. С дополнительным стартовым двигателем (двигатели стартовых тележек, сбрасываемые вспомогательные ракетные двигатели и т. д.).

1.34. Тип целей

1.341. Площадные.
1.342. Точечные:
1.342.1. Неподвижные.
1.342.2. Движущиеся (здесь существенную роль играет скорость движения и маневренность цели).

В зависимости от типа телеуправляемого объекта (1.2), места и типа старта, траектории и цели (1.3) предъ-



являются различные требования к управлению в отношении его метода, точности, затрат и т. д. Однако, прежде чем рассматривать самые методы управления, нужно сделать некоторые замечания о механике управления.

Таблица 2

ТРАЕКТОРИИ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Цель	Старт / Траектория	1. На земле	2. В воде: над водой	2. В воде: под водой	3. В воздухе	4. В межпланетном пространстве
1. Наземная	На земле	Наземные машины	Амфибии	Амфибии, погружающиеся под воду	Сбрасываемые на землю управляемые объекты. Сбрасываемые амфибии	—
	В воде	Амфибии				—
	В воздухе	Самолеты, снаряды	Самолеты, снаряды	Ракеты	Авиабомбы, арт. снаряды	Ракеты
	В межпланетном пространстве	Межпланетные ракеты				
2. В воде 2.1. (Над водой)	На земле	Амфибии	—	—	—	—
	В воде		Корабли, торпеды	Подлодки	—	—
	В воздухе	Авиабомбы, снаряды	Снаряды	Ракеты	Авиабомбы, снаряды	Ракеты
	В межпланетном пространстве	—	—	—	—	
2. В воде 2.2. (Под водой)	На земле	Амфибии, погружающиеся под воду	—	—	Глубинные бомбы, самолеты, торпеды	—
	В воде		Подводные лодки,	Торпеды		
	В воздухе	Торпеды	Торпеды	—		
	В межпланетном пространстве	—	—	—	—	
3. Воздушная	На земле	—	—	—	—	
	В воде	—	—	Ракеты	—	
	В воздухе	Самолеты, снаряды	Самолеты, снаряды		Самолеты, снаряды	—
	В межпланетном пространстве	—	—	—	—	—
4. В межпланетном пространстве	На земле	—	—	—	—	—
	В воде	—	—	—	—	—
	В воздухе					—
	В межпланетном пространстве	Ракеты	Ракеты	Ракеты	Ракеты	Ракеты

1.4. МЕХАНИКА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

1.41. Объем управления

В зависимости от того, движется ли телеуправляемый объект по суше, по воде или под водой, в воздухе или в межпланетном пространстве, определяется число его степеней свободы. Оно равно[1]:

1.411. Для наземных и водных объектов . . . 2

1.412. Для подводных, воздушных и межпланетных объектов . . . . 3.

Если рассматривать поступательное движение в „продольном" направлении как одну степень свободы (воздействовать можно изменением скорости движения, см. 1.421), то для собственно управления остается:

одна плоскость (влево—вправо) у наземных и надводных объектов (1.411);

две плоскости (влево—вправо и вверх—вниз[2]) у подводных, воздушных и межпланетных объектов (1.412).

В полярной системе координат это означает для первых вращение (1.411) вокруг вертикальной оси, для последних (1.412) — вращение вокруг двух осей:

1.412.1. Либо вокруг вертикальной и поперечной осей („управление в декартовой системе координат").

1.412.2. Либо вокруг продольной и поперечной или продольной и вертикальной осей („управление в полярной системе координат"). В табл. 3 дано сопоставление этих отличительных признаков.

[1] Имеются в виду только степени свободы поступательного перемещения в пространстве, представляющие основной интерес для управления, в то время как степени свободы вращения вокруг трех осей являются средством для изменения состояния движения. Вращательные степени свободы необходимо принимать во внимание тогда, когда, кроме воздействия на режим поступательного движения, нужно влиять также на положенве объекта в пространстве. Это имеет место, когда объект должен стабилизироваться, например, относительно продольной оси, чтобы сохранялось в силе пространственное подчинение командам управления относительно двух других осей (см. 2.23 и примеры 3.522 и 3.523.1).

[2] Здесь, как и в табл. 3, предполагается, в основном, горизонтальное поступательное движение телеуправляемого объекта. При вертикальном движении вместо «вверх—вниз» принято направление «вперед—назад», если наблюдатель находится вне движущегося объекта. В межпланетном пространстве эти обозначения теряют смысл и могут быть отнесены только к осям объекта.

Таблица 3

ОБЪЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Телеуправляемые объекты		Наземные, надводные	Подводные, воздушные, межпланетные	
Степени свободы		2	3	
Плоскости управления		1	2	
Направление		влево — вправо	влево — вправо	вверх — вниз
Управление	декартово	вертикальная ось	вертикальная ось	поперечная ось
	полярное	—	продольная ось	поперечная ось
			вертикальная ось	продольная ось

После изложенного становится ясным, что затраты на телеуправление объектами по 1.412 (подводные, воздушные и межпланетные) всегда больше, чем на управление объектами по 1.411 (наземные, надводные), так как для первых нужно передавать — одновременно или последовательно — большее число команд.

1.42. Способы воздействия на движение

Способы превращения принятой телеуправляемым объектом команды в воздействие на движение (исполнение команды 1.15) могут быть чрезвычайно разнообразны. Целью этой книги не является рассмотрение в деталях этих вопросов механики. Здесь будет дано в рамках „систематики" этого раздела лишь беглое обобщение возможностей осуществления задач, связанных с телеуправлением.

1.421. *Органы привода.* Воздействие на скорость поступательного движения (в направлении продольной оси) практически всегда осуществляется посредством управления двигателем или приведением в действие тормозов. В табл. 4 указаны основные возможности. В нижней своей части она содержит обзор (1.422) органов управления, то есть средства воздействия на движение в направле-

ниях, перпендикулярных направлению движения[1]. При рассмотрении табл. 4 становится ясным, что относящиеся сюда органы управления в отношении выполняемых функций, затрат, точности, количества потребляемой энергии и т. д. чрезвычайно разнообразы.

1.423. *Исполнительные органы.* Вспомогательные средства, служащие для приведения в действие органов регулирования привода или органов управления, по своей конструкции в столь большой степени зависят от характеристики соответствующего телеуправляемого объекта, что здесь может быть дан обзор лишь в форме перечисления основных возможностей. Рассматривая табл. 4, можно прийти примерно к следующей классификации:

1.423.1. Открытие и закрытие вентилей и т. п.:

- у паровых двигателей 1.421.21
- у двигателей внутреннего сгорания 1.421.22
- в связи с регулированием подачи энергии 1.421.31
- в связи с торможением противоприводом 1.421.44
- в связи с управлением гусеничной системой (двухстороннее регулирование привода) 1.422.22
- в связи с управлением посредством других к о м б и н и р о в а н н ы х приводов 1.422.31
- у реактивных двигателей 1.421.24
- в связи с регулированием подачи энергии 1.421.31
- в связи с включением дополнительных сопел 1.421.34
- в связи с торможением противодвигателем 1.421.44
- в связи с управлением с помощью составного двигателя 1.422.31
- в связи с включением дополнительных сопел 1.422.33
- при управлении путем затопления 1.422.51

---

[1] С точки зрения механики между действием органов привода и органов управления нет принципиальной разницы. В обоих случаях речь идет об ускорениях (положительных или отрицательных), которые сообщаются движущемуся объекту. Однако то, что это обычное, вошедшее в употребление разделение с технической точки зрения является обоснованным, видно из табл. 4.

Таблица 4

Телеуправляемые объекты	Органы привода и управления → 1.421.1. Органы привода (движители)																	
	Наземные: рельсовые			Наземные: безрельсовые				На воде: надводные				На воде: подводные		Воздушные			Межпланетные	
	11 Колеса	15 Воздушные винты	16 Реактивная тяга	11 Колеса	12 Цепи	15 Воздушные винты	16 Реактивная тяга	13 Лопастные колеса	14 Гребные винты	15 Воздушные винты	16 Реактивная тяга	14 Гребные винты	16 Реактивная тяга	15 Воздушные винты	16 Реактивная тяга	17 Без двигателя	16 Реактивная тяга	17 Без двигателя
1.421.2 Двигатели — 21 Паровые — 211 Поршневые	■			▩	▨			■	■									
212 Турбины	▩	▨		▨	▨	▨			■	▨		▩		▩				
22 Двигатели внутреннего сгорания — 221 Четырехтактные	▩	▩		■	■	▩		▨	■	▩				■				
222 Дизели	■	▩		■	■	▩		▩	■	▨		■		■				
223 Газовые турбины	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨		▨	▨	▨			▩	■			
224 Дизель-электроход	■	▨		■	▨	▨		▨	▩	▨		▨		▨				
23 Электрические — 231 Токосъемники	■	▨		■	▨	▨												
232 Бат. и аккумул.	■	▨		■	▨	▨		▨	▨	▨		■		▨				
24 Реактивные двигатели*) — 241 Возд.-реактивн.			▨				▨				▨		▨		■			
242 Жидк.-реактивн.			▨				▨				▨		▩		■		■	
243 Пороховые			▩				▩				▨		▩		■			
25 Гравитационное поле																■		■
1.421.3 Регулирование привода — 31 Подвод энергии	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	
32 Передаточные механизмы	■	▨		■	■	▨		▨	■	▨		▨		▨				
33 Изменение шага винта		▨				▨			▩	▨		▨		■				
34 Дополнительные сопла			▨				▩				▨		▨	▩	▩		■	▩
1.421.4 Торможение — 41 Колесные тормоза	■	▩	▨	■		▨	▨							B	B	B		
42 Торможение о грунт	■	▩	▨	▩				▨	▨	▨								
43 Поверхности сопротивления	▨	▩	▨	▨		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	■	■	■	A	A
44 Противопривод	■	▨	▨	▩	■	▨	▨	■	■	▨	▨	■	▨	▨	▨		■	■
1.422 Органы и способы управления — 1 Стрелки	■	■	■															
21 Поворотные оси				■		▩	▩											
22 Гусеничное управление					■													
31 Составные двигатели					■	▨	▨	▨	■	▨	▨	▨	▨	▨	▨		▨	
32 Отклонение двигателя							▨		■	▨	▨	▨	▨	▨	▨		▨	
33 Дополнительные дюзы											▨		▨	▨	▨	▨	■	■
41 Рули						▨	▨	■	■	■	■	■	■	■	■	■	A	A
42 Интерцепторы														▨	▨	▩		
43 Струйные рули							▨				▨		▨		▩		■	
51 Переливание жидкости												■	▨					
52 Смещение центра тяжести				▨								▨	▨	▩	▨	▨	▨	▨
53 Гироскопы				▨				▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▩	▨
54 Тела инерции				▨				▨	▨	▨	▨	▨	▨				■	▨

■ Широко применяется
▩ Применяется, но сравнительно редко
▨ Применение возможно
□ Особые случаи
A Космический корабль в атмосфере
B Самолет на земле

* Под воздушно-реактивным двигателем понимается реактивный двигатель на жидком горючем, использующий атмосферный воздух в качестве окислителя, в противоположность жидкостно-реактивному двигателю, у которого окислитель находится на борту летательного аппарата.

при управлении путем изменения положения центра тяжести за счет перекачки жидкости, а также во всех случаях применения гидравлических или пневматических сервомоторов 1.422.52

1.423.2. Приведение в действие выключателей или электрических регулирующих элементов (сопротивлений и т. п.):

у дизель-электрических двигателей 1.421.224
у чисто электрических двигателей 1.421.23
в связи с регулированием подачи (электрической энергии) 1.421.31
при электрическом торможении 1.421.44
в связи с гусеничной системой управления 1.422.22
при управлении с помощью других комбинированных приводов 1.422.31
при управлении посредством тел инерции (создание противомоментов), а также во всех других случаях при применении электрических или электромагнитных сервомоторов или других электрических переключателей 1.422.62

1.423.3. Перестановка механических элементов конструкции при регулировании привода:

посредством передаточного механизма 1.421.32
посредством изменения передаточного числа между двигателем и потребителем энергии 1.421.1
посредством изменения установки винта 1.421.33
с помощью тормозов 1.422.1
с помощью колесных тормозов 1.421.41
путем торможения о грунт 1.421.42
путем выпуска поверхностей сопротивления (например, воздушные тормоза) 1.421 43
при стрелочном управлении 1.422.1
при управлении направляющей осью 1.422.21
при гусеничном управлении с общим приводом 1.422.22
путем отклонения привода (винта, сопел) 1.422.32
при управлении с помощью рулей и т. д. 1.422.4

при смещении центра тяжести путем передвижения твердых масс 1.422.52
путем вращения гироскопов или тел вокруг гироскопа (причем перестановка может происходить с помощью силовых аккумуляторов или сервомоторов всех типов) 1.422.61

То, что эти различия не являются резкими, вытекает хотя бы уже из того, что вентили, например, являясь механическими элементами, управляются при помощи электричества. Чтобы указать на многообразие возможностей, перечислим различные способы электрического привода механических вентилей:

1.423.11. С помощью электрического двигателя.

1.423.12. С помощью электромагнита.

1.423.13. С помощью электрического зажигания пиропатрона. В то время как в первых двух случаях возможно непрерывное регулирование, в случае 1.423.13 выполнимо обычно только открытие или закрытие вентиля. Это различие представляет собой другой важный признак для классификации исполнительных органов (см. о непрерывном управлении и управлении типа „да—нет" (2.31, рис. 10)).

Если собрать всю литературу, в которой исчерпывающе рассмотрены эти вопросы, то составилась бы целая библиотека. И действительно, был проделан большой путь от резинового моторчика привода рулей телеуправляемых авиамоделей и до рулевых машин „Церинген" или многомоторных трансокеанских самолетов.

1.43. Точность управления

Требования, которые должны предъявляться к точности телеуправления, зависят от типа, траектории и в особенности от скорости движения управляемого объекта. Границы достижимой точности определяются в общем точностью определения местоположения объекта (абсолютно или относительно).

Чем быстрее движется телеуправляемый объект, тем меньше промежуток времени для выполнения команд телеуправления от момента их выдачи до момента испол-

нения и тем выше требования к точности управления и к определению местоположения телеуправляемого объекта. Так, например, телеуправление большим, медленно движущимся надводным кораблем предъявляет значительно меньшие требования к точности и скорости исполнения сигналов управления, чем телеуправление снарядом, который должен поразить двигающуюся цель при общей продолжительности полета в несколько секунд.

В связи со сказанным нужно еще упомянуть о дальности действия связи в телеуправлении. Наряду с другими факторами она определяет между прочим выбор типа передачи, частоты и т. д. (см. раздел 2.7).

Многообразие высказанных здесь положений указывает на то, что конструктивные формы систем телеуправления могут быть чрезвычайно разнообразны. В этих системах используются научные достижения почти всех отраслей физики и техники. Их взаимная связь часто ставит перед техникой очень сложные, но интересные задачи. В последующих разделах книги необходимо теперь дать обзор технических проблем электрической связи в том виде, как они возникают в технике телеуправления.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ТЕХНИКА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

2.1. ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Чтобы направить беспилотный[1] объект на определенную цель или заставить его двигаться по определенной траектории, существуют в основном (помимо неуправляемого движения) три возможности, которые схематически представлены на рис. 3 [52].

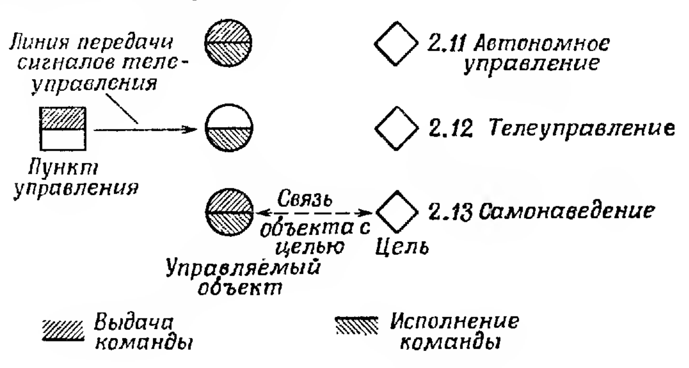


Рис. 3. Виды управления.

2.11. Автономное управление

Управляемый объект не испытывает никаких внешних воздействий (кроме силы тяжести и сопротивления той среды, в которой он движется). В самом объекте имеются средства, оказывающие влияние на его движение таким образом, чтобы он следовал определенной программе полета. Необходимые „команды управления" (см. 1.1) возникают исключительно в случае отклонения объекта

[1] См. 1.211.2.

от заранее установленных значений программы полета (курс, высота, скорость). Автономное управление называют также инерционным управлением, а в некоторых случаях „стабилизацией"[1]. Оно будет кратко описано в разделе 2.2.

2.12. Собственно телеуправление

Управляемый объект исполняет команды, подаваемые по линии связи (линии телеуправления) с пункта управления, пространственно отделенного от движущегося объекта. Применяемые при этом методы подробно рассмотрены в разделе 2.3.

Чтобы можно было формировать „правильные", то есть удовлетворяющие целям телеуправления команды, необходимо определить положение телеуправляемого объекта относительно земной системы координат или относительно цели. Относящиеся сюда методы рассматриваются в разделе 2.4.

2.13. Самонаведение

Управляемый объект имеет особое устройство (головка самонаведения), позволяющее ему определить собственное положение относительно цели или относительно других пунктов, которыми определяется траектория движения объекта. Управляющие сигналы возникают вследствие отклонения направления движения объекта (или его оси в пространстве) от направления, задаваемого координатором цели. Самонаведение представляет собой, таким образом, автоматическое управление, хотя и при наличии воздействия на расстоянии (связь объекта и цели). Возможные методы рассматриваются в разделе 2.5.

2.14. Комбинированное управление

Возможны различные комбинации из трех названных выше способов управления: с помощью команд телеуправления можно вмешиваться в установку начальных значений параметров в системе автономного управления; при этом речь идет уже об определенных формах телеуправления (2.253 и 2.311.1). Затем на протяжении всей траектории объекта управление им может осуществляться различными и сменяющими друг друга методами; например, объект может стартовать при инерционном управлении, дальше посредством телеуправления он может быть приведен в район цели и, наконец, автоматически навестись на эту цель. При подобных комбинациях в особом рассмотрении нуждается переход от одного вида управления к другому. Некоторые связанные с этим проблемы затронуты в 2.54 и 2.75.

[1] Некоторые авторы различают управление без внешнего вмешательства и управление по программе, изменяемой посредством команд извне.

2.2. АВТОНОМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Принцип автономного управления может быть легко объяснен на самом известном примере его применения, — автоматическом управлении курсом (рис. 4).

2.21. Управление курсом

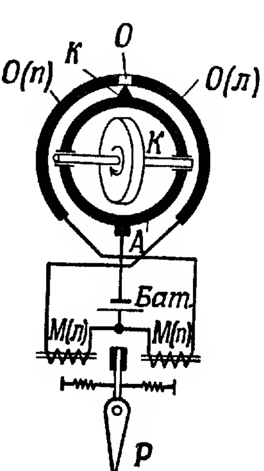


Рис. 4. Принцип автоматического управления курсом.

Курсовой гироскоп, установленный в карданном подвесе, например на самолете, имеет на своей горизонтальной рамке *A* контакт *K*, который скользит по кольцу *O* двумя контактными полукольцами *O*(*л*) и *O*(*п*). Кольцо *O* закреплено неподвижно на самолете. Если самолет (и поэтому кольцо *O*) поворачивается вокруг своей вертикальной оси (например, по часовой стрелке), в то время как ось гироскопа сохраняет свое направление в пространстве неизменным, то контакт *K* — *O*(*n*) замыкается, на правый электромагнит *M*(*n*) подается напряжение от батареи и он приводит в движение руль на-

правления P. Благодаря этому создается вращающий момент и самолет получает вращение влево до тех пор, пока контакт снова не разомкнется и руль не вернется в свое исходное нейтральное положение и т. д. Таким образом, в принципе достигается „автоматическое управление курсом", то есть электромеханическое устройство заменяет человека на пути от шкалы курсового гироскопа до рулей направления, где в обычных условиях требуется участие глаз, мозга и ног пилота. На практике подобную примитивную систему используют очень редко, например для управления по курсу моделями повозок и судов [58, 59]. Для точно работающих систем это прерывное управление типа „да—нет" (или „черное—белое") заменяется непрерывным („пестрым") управлением, при котором вместо контактных полуколец применяется, например, потенциометр *Пм* (рис. 5).

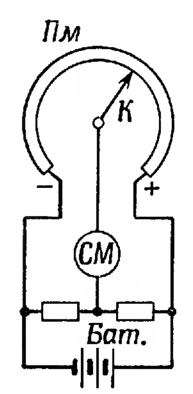


Рис. 5. Потенциометр гироскопа.

При смещении контакта потенциометра *К* осуществляется перестановка органа управления с помощью сервомотора любого типа. Но при такой системе возможны колебания, она неспособна обеспечить высокое качество регулирования. Для устранения колебаний необходимы дополнительные устройства, которые, как известно из общей техники регулирования, должны включать элементы демпфирования. В качестве примера на рис. 6 изображена схема установки управления курсом, в которой руль приводится в действие электрогидравлическим сервомотором (потенциометр гироскопа — поворотный электромагнит — золотник — рабочий цилиндр); в ней предусмотрены гибкая обратная связь между рабочим цилиндром и золотником через редукционный цилиндр, пружину и систему рычагов, а также введение сигнала по производной (по угловой скорости вращения) с помощью демпфирующего гироскопа, у которого одна из рамок соединена с корпусом посредством пружины.

Таким образом, по приведенной схеме возможно управление вокруг вертикальной оси самолета.

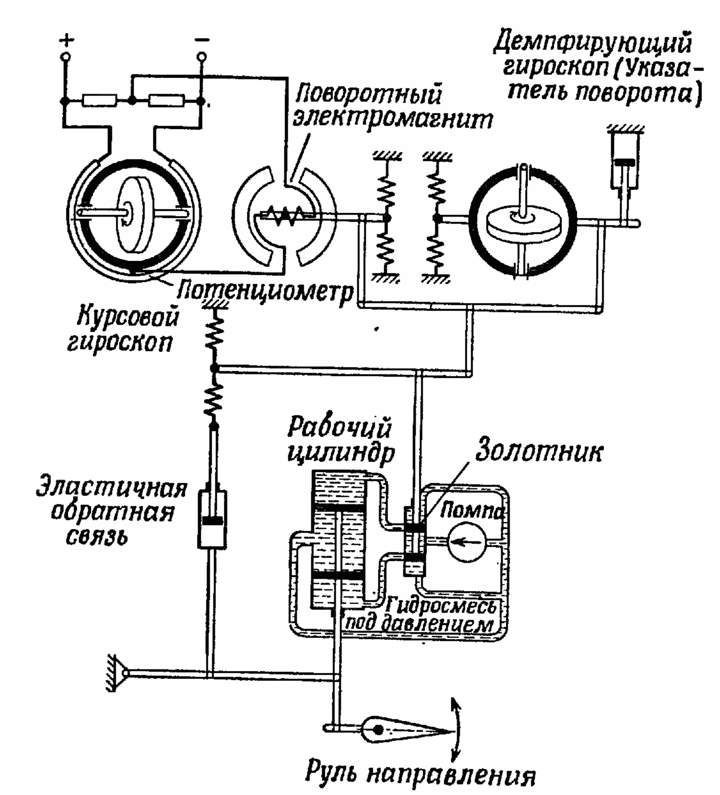


Рис. 6. Система управления курсом с электрогидравлическим сервомотором и механическими демпфирующими элементами.

2.22. Автономное управление

Оно может быть осуществлено от других датчиков, тип которых определяется предъявляемыми к управлению требованиями. Для этой цели, например, можно использовать:

2.221. Второй гироскоп, ось ротора которого перпендикулярна к поперечной оси управляемого объекта для стабилизации угла тангажа.

2.222. Барометрический высотомер, выполненный в данном случае как статоскоп, для стабилизации высоты

полета самолета над уровнем моря. У подводных телеуправляемых объектов вместо него выступает **измеритель глубины** (давления воды), который приводит к самому известному и в то же время самому старому применению самоуправления — торпеде.

2.223. Емкостной высотомер, радиовысотомер или акустический высотомер (эхолот), а также механический чувствительный элемент[1] (для малых высот и небольших скоростей) в целях сохранения постоянной высоты полета самолета над поверхностью земли или воды.

2.23. Стабилизация вокруг продольной оси

Если дополнительно стабилизируется также положение управляемого объекта относительно продольной оси стабилизации крена, то получают автоматическое управление вокруг трех осей — так называемые автопилоты [60, 62, 65]. На рис. 7 в качестве примера воспроизведена общая схема автопилота „Патин" с трехрулевым управлением [68]. Другие примеры — управление Фау-2 (см. 3.522).

Стабилизация вокруг продольной оси часто необходима также для того, чтобы (при управлении по способу декартовых координат, см. 1.412.1 и рис. 47,*а*) выдерживать соответствующее подчинение командам управления курсового и продольного каналов (см. 3.523.1).

2.24. Регулирование других параметров движения

Полноты ради следует указать еще на то, что автоматическое регулирование ряда других величин, оказывающих влияние на движение управляемого объекта, по своему принципу может быть отнесено к регулированию, описанному в разделе „Автономное управление"; например, регулирование скорости движения с использованием тахометров или указателей скорости в качестве датчиков и др.[2] (У обычных автопилотов измеритель скорости

[1] Предусматривался, например, у надводной торпеды BV-143 в стадии испытаний, см. 3.526.32.

[2] См. 1.42. и сноску на стр. 22.

применяется также в качестве датчика для управления высотой полета, рис. 7.)

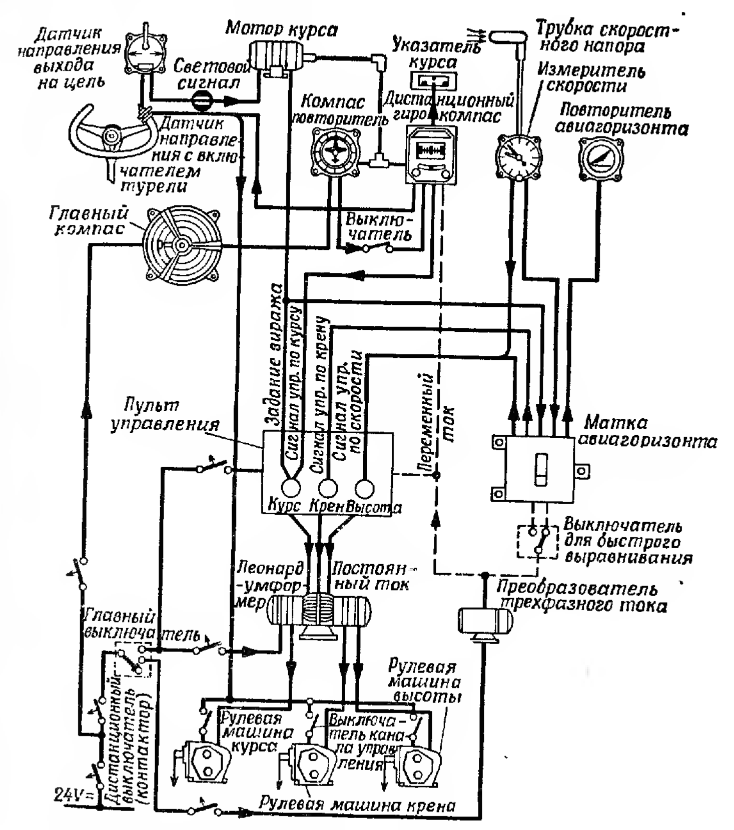


Рис. 7. Принципиальная схема трехрулевого управления „Патин" с дистанционным гирокомпасом.

2.25. Изменяемая установка датчиков сигналов управления

В предыдущих рассуждениях мы исходили из неизменной предварительной установки элементов, задающих курс, высоту и т. д. Но эта установка может изменяться. Если, например, контактное кольцо *О* (рис. 4) или потенциометр *Пм* (рис. 5) повернуть относительно продольной

оси управляемого по курсу объекта, то равновесие в системе управления наступит на новом курсе (рис. 8).

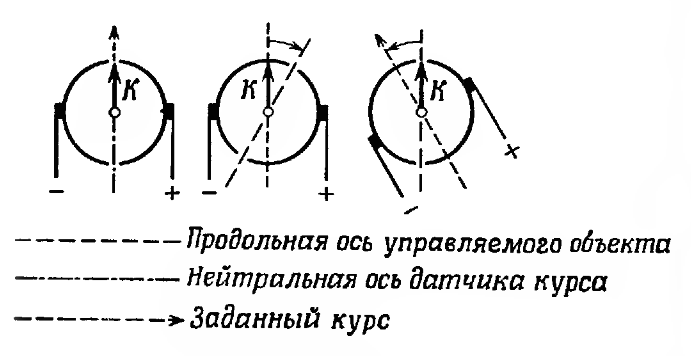


Рис. 8. Изменение курса в результате поворота датчика курса.

Это изменение может быть вызвано:

2.251. В функции времени, переставляя, например, задающий элемент[1] по определенной программе от часового механизма. Примеры применения: программный механизм разворота Фау-1 (3.521), наклонение продольной оси Фау-2 во время подъема (3.522).

2.252. В зависимости от значений других рабочих величин на борту телеуправляемого объекта с перестановкой задающего элемента от тех измерительных устройств, которые эти величины замеряют. Пример: воздействие от измерителя скоростного напора на рулевую машину высоты у Hs-293[2] (3.523.2).

2.253. С помощью команд телеуправления; при этом перестановка задающих элементов происходит благодаря воздействию извне по линии связи [58, 59]. Здесь мы уже переходим в область телеуправления. Иначе говоря, собственно телеуправление идет здесь по пути

[1] Вместо перестановки самих датчиков можно воздействовать на элементы обратной связи, обеспечивающие нейтральное положение управляющего механизма.

[2] Измеритель скоростного напора у Hs-293 воздействует на коэффициент усиления системы с целью компенсации изменения эффективности руля. — *Прим. ред.*

перестановки задающих элементов устройств автономного управления.

2.254. При помощи определения координат на самом объекте. Хотя команды управления могут формироваться непосредственно на борту управляемого объекта, но образуются они в результате сравнения с заданным режимом полета, причем отклонение от него устанавливается собственным координатором: метод самонаведения (2.13, 2.412.4 и 2.5)[1].

2.3. ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

Принципиальная схема телеуправления движущимся объектом изображена на рис. 9 [56] (см. также 1.11—1.15).

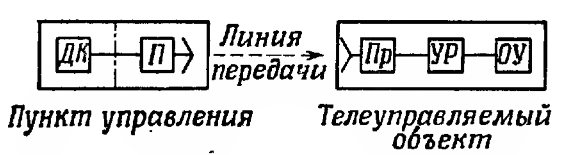


Рис. 9. Принципиальная схема телеуправления.

На пункте управления находится датчик команд *ДК*, сигналы которого через шифратор, модулирующее и другие устройства подводятся к передатчику *П*. Датчик команд *ДК* и передатчик *П* могут быть, вообще говоря, пространственно разъединены любым образом. Пункт управления может быть неподвижным или находиться на движущемся объекте. На телеуправляемом объекте помещается приемник *Пр*. Принятые им сигналы направляются в устройство регулирования *УР*. Последнее приводит в действие органы управления объектом *ОУ* (1.42). Для осуществления телеуправления могут быть использованы два принципиально отличных метода:

2.31. Метод команд телеуправления

[1] Читатель найдет здесь, как и во многих местах этой работы, повторение того, о чем уже частично говорилось. Автор, однако, считает подобные повторения необходимыми, чтобы глубже усвоить применяемые понятия, а также различия между ними и их взаимную связь.

2.32. Метод равносигнальной зоны[1].

Применение того или иного метода находится в тесной связи с принятым способом определения координат (2.4).

2.31. Метод команд телеуправления

Телеуправляемому объекту по линии связи посылается определенная команда. Задача бортового оборудования состоит в том, чтобы эту „готовую" команду превратить в соответствующее перемещение органа управления объекта. При этом можно различать:

2.311. Отдельные команды, посылаемые для корректирования соответствующего движения или для возбуждения отдельных процессов на борту телеуправляемого объекта;

2.312. Непрерывные команды для текущего непрерывного управления движением.

При обоих видах команд конкретное выполнение устройств телеуправления зависит от очень многих факторов, часть которых кратко освещена в разделе 2.7. Особое значение имеет вопрос о том, сколько различных команд нужно передавать одновременно или последовательно друг за другом (раздел 1.41).

Различные возможные линии передачи рассматриваются в разделе 2.33. Приведенные в настоящем разделе методы относятся преимущественно к радиолиниям передачи (2.333.11), которые в настоящее время представляют собой, пожалуй, самую важную форму осуществления связи. При модификации с целью применения других путей передачи учитываются соответственно такие специфические возможности, как например диапазон частот, тип модуляции и т. д.

Прежде чем подробно рассмотреть возможные варианты систем телеуправления, обратимся к рис. 10, из которого можно получить представление о „степени тонкости" управления, то есть относительно количества информаций, необходимых для желаемого воздействия на органы управления [52].

[1] Метод равносигнальной зоны называют также методом управления по радиолучу. — *Прим. перев.*

По оси абсцисс отложено время, а по оси ординат— значение команды. Если рассмотреть рис. 10, то станет ясным, что затраты на функционирование систем непрерывного управления (*д*) будут выше, чем, например,

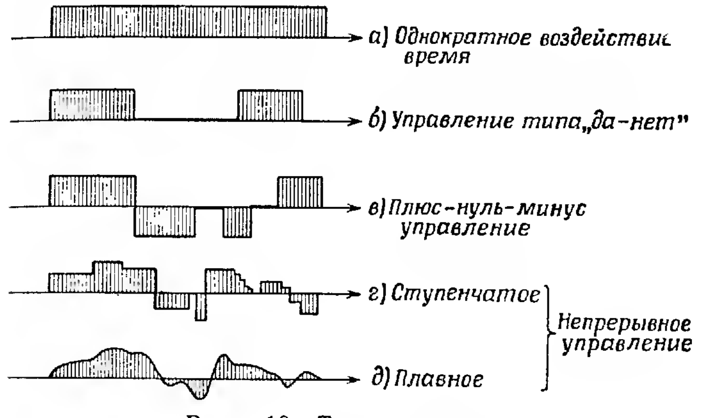


Рис. 10. Типы управления.

по типу „да—нет" (*б*). Последующее изложение будет выдержано в порядке указанной „степени трудности" исполнения.

2.311. *Отдельные команды.*

2.311.1. Простая однократная команда.

Простейший случай — соответственно рис. 10,*а* — состоит в том, что в выбранный момент времени выдается единственная команда, вызывающая на борту телеуправляемого объекта определенный процесс, который не может быть отменен путем воздействия сигналов телеуправления. В принципе этому случаю удовлетворяет схема, представленная на рис. 11.

Датчик команд в данном случае состоит из одного ключа *К*, при замыкании которого включается передатчик *П*, благодаря чему срабатывает подключенное к выходу приемника реле *Р*. Замыкание контакта реле *р* вызывает затем желаемый процесс. Пример: команда на прекращение работы двигателя Фау-2 (см. 3.522, рис. 79). Пример применения в собственно телеуправлении: переход с одного заранее установленного положения

устройства автономного управления на другое положение в соответствии с разделом 2.253.

Если для обеспечения надежности нужно повысить избирательность системы, то можно, например, сигнал передатчика *П* промодулировать низкой частотой (рис. 11,*б*), причем тогда реле *РР* выполняется в виде резонансного реле или же для приведения в действие реле между демодулятором и анодным детектором приемника ставится низкочастотный фильтр. Вместо низкочастотной модуляции может быть применена также, например, определенная последовательность импульсов (кодирование), благодаря чему помехоустойчивость значительно повышается.

а) Без модуляции

К П Пр Р р

Пункт управления | Линия передачи | Телеуправляемый объект

Модулятор К П Пр РР р

б) С модуляцией

Рис. 11. Простейшие системы для передачи простых однократных команд.

Переход к простому управлению по принципу „да—нет" в соответствии с рис. 10,*б* не означает изменения принципиальной схемы. Необходимо, чтобы устройство, подключаемое контактами реле, обладало свойством при отключении реле восстанавливать свое первоначальное положение. Пример: управление моделями повозок и судов, при котором передаются только команды: левый поворот — правый поворот, прямо—левый поворот.

Если, напротив, нужно, например, осуществлять команды левый поворот — прямо — правый поворот, то необходимо применить плюс — нуль — минус управление, соответствующее рис. 10, *в*. Такое управление не может быть достигнуто в простой схеме, показанной на рис. 11.

2.311.2. Многократные команды. Можно различать:

2.311.21. Передачу различных отдельных команд, следующих одна за другой по времени, например для достижения управления в соответствии со схемой на рис. 10,*в*.

2.311.22. Передачу различных отдельных команд для воздействия на разные, друг от друга не зависящие элементы управления на борту телеуправляемого объекта.

Для обеих целей пригодна схема, приведенная на рис. 12 [58, 59, 75, 78, 84].

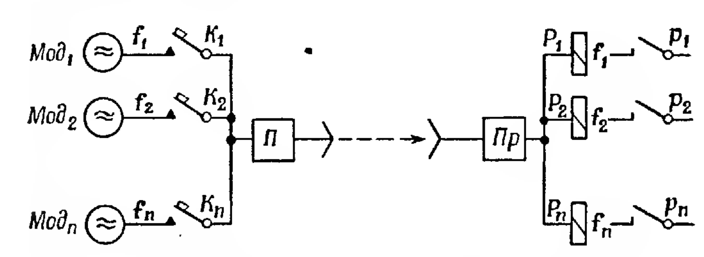


Рис. 12. Система для передачи многократных отдельных команд („многоканальная система").

Она получается из схемы, изображенной на рис. 11,*б*; если на стороне передатчика предусматривается необходимое число *n* генераторов с модуляцией сигнала *Мод.*, которым на стороне приемника соответствует такое же число *n* настроенных на частоты $f_1 \dots f_n$ реле $P_1 \dots P_n$, замыкание контактов которых $p_1 \dots p_2$ вызывает различные процессы. Предназначенные для возбуждения отдельных процессов „датчики команд" (ключи $K_1 \dots K_2$) при передаче следующих одна за другой различных единичных команд должны быть сблокированы так, чтобы в каждый момент времени происходила передача только одной команды „или—или". Выше упомянутое плюс—нуль—минус управление могло бы быть обеспечено, таким образом, по следующей схеме:

+ команда f_1,	или (надежнее)	+ команда f_1,
0 команда выкл.		0 команда f_2,
— команда f_2		— команда f_3.

Так как при этом передатчик всегда промодулирован одной частотой какой-нибудь команды, то эта модуляция

может осуществляться соответственно на частотах $f_1 \ldots f_n$ на полную глубину. Напротив, при независимой во времени выдаче команд, согласно 2.311.22, например для управления объектом вокруг нескольких осей, глубина модуляции передатчика каждой частотой устанавливается только на $1/n$ полной глубины модуляции, если все n ключей могут замыкаться одновременно без взаимной блокировки. Кроме того, возможна комбинация нескольких частот.

Для первого типа передачи (команды следуют одна за другой, см. 2.311.21) существует еще один метод со значительно меньшими затратами в использовании, который особенно охотно применяется для телеуправления моделями самодвижущихся повозок и судов [57—59, 75, 78—80, 83, 88].

При этом методе, называемом селекционной системой[1], посредством импульсных по своей форме команд передатчика в приемнике осуществляется переключение шаговых переключателей[2], различные положения которого соответствуют отдельным командам (см. схему на рис. 13).

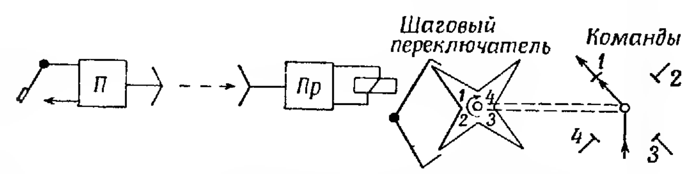


Рис. 13. Схема управления командными импульсами по селекционной системе.

Принцип плюс—нуль—минус управления, как показано на рис. 10,*в*, становится ясным из рассмотрения рис. 14, где наряду с рис. 10, *в* даны относящиеся сюда командные импульсы. Им соответствуют четыре положения шагового переключателя:

положение	1	команды	0 (исходное положение)
,,	2	,,	+
,,	3	,,	0
,,	4	,,	—

[1] Описываемый способ разделения сигналов является по существу кодовой селекцией. — *Прим. ред.*

[2] В простейших системах шаговый переключатель может также привлекаться непосредственно для механического перемещения органов управления.

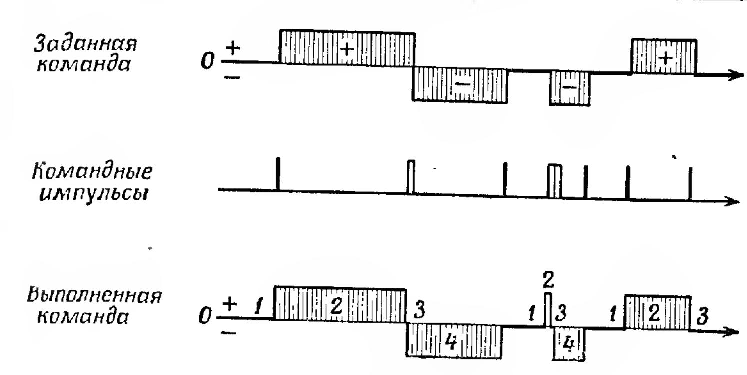


Рис. 14. Плюс—нуль—минус управление по селекционной системе с 4 шагами.

В подобных системах преимуществу, связанному с относительной простотой, противостоят наряду с другими следующие недостатки:

1) слабая защита от помех в результате влияния посторонних импульсов; этого можно избежать, например, путем дополнительной модуляции;

2) необходимость замечать последнюю установку команды; этот недостаток можно устранить, предусмотрев возвращение шагового переключателя в исходное положение после выполнения команды или подавая команды через строго установленное число импульсов от исходного положения;

3) переход через другие промежуточные команды (см. рис. 14); его можно исключить при замедленном исполнении команд.

Отсюда следует, что эта система применима только для управления с относительно низкими требованиями к точности.

До сих пор рассматривалось только прерывистое управление. При определенных условиях, однако, система единичных команд применима также для непрерывного управления и именно тогда, когда многоканальная система (рис. 12) состоит из очень большого числа отдельных каналов, по каждому из которых можно передавать команды различной амплитуды. В результате представляется возможным получить практически непрерывное

ступенчатое управление, согласно рис. 10, *г*. Это относится и к упомянутой селекционной системе (рис. 13), если число положений шагового переключателя является достаточно большим и имеется достаточно времени для переключения. Следует заметить, что очень сложные системы управления телеуправляемых кораблей-мишеней „Церинген" и „Гессен" германских военно-морских сил в принципе работали по этой схеме; при этом применялись декадные селекторы с контролируемым приемом команд (см. 3.526.21).

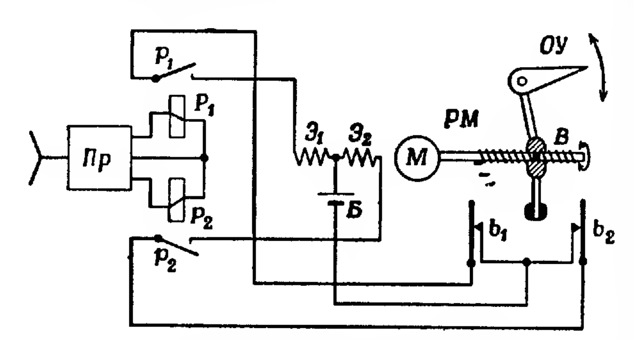


Рис. 15. Управление на расстоянии электрической рулевой машиной.

Если для перехода от одного значения команды к ближайшему имеется достаточно времени и требования к точности регулирования не являются высокими, то можно простыми средствами достигнуть непрерывного перемещения органов управления и с помощью отдельных команд типа „да — нет", выбирая при этом соответствующим образом продолжительность отдельных команд. На рис. 15 изображена схема управления рулями [56] в том виде, как она применяется, например, для авиамоделей. Приемник *Пр* устроен так, что он, смотря по тому, какая команда задана, оставляет включенным реле P_1 или реле P_2 (например, резонансные реле с двумя различными резонансными частотами в соответствии с рис. 12). При срабатывании реле P_1 контакт p_1 замыкает батарею *Б* на обмотку электромагнита $Э_1$ левого вращения рулевой машины *РМ*, которая через

винт *В* поворачивает руль управления до тех пор, пока не прекратится команда и не разомкнется реле P_1, либо руль не достигнет своего крайнего положения и не разомкнет благодаря этому концевой выключатель $в_1$. Руль остается в этом крайнем положении до того времени, пока не появится новая отдельная команда.

2.312. *Непрерывные команды.* Непрерывное управление применяется всегда, когда требования к точности команд и скорости регулирования являются более высокими, чем в рассмотренных до сих пор устройствах, и состоит в переходе от отдельных команд к непрерывным. Название „непрерывный" должно означать, что величина команды для управления положением какого-либо органа в каждый момент времени определяется соответствующим перемещением „датчика команд". Если требуется только ступенчатое непрерывное управление (в соответствии со схемой на рис. 10, *г*), то задача в принципе может быть решена с помощью многоканальных систем по схеме, изображенной на рис. 12. Однако ясно, что при повышении числа ступеней сложность системы настолько возрастает, что она становится неприемлемой, а для непрерывного управления, согласно рис. 10, *д*, эта система совершенно непригодна.

Как и во всех подобных постановках задач, передача команд телеуправления с возможностью непрерывного регулирования их величины может базироваться на изменении следующих величин:

1) амплитуда
2) частота
3) фаза
4) время

Если к каждому из этих понятий добавить слово „модуляция", то сразу выявляются возможные варианты линий передачи (см. вступительную часть, 2.31), причем возможны различные комбинации, например передача сигналов управления с временной модуляцией низкой частоты и амплитудной модуляцией несущей частоты. Конструкция специальной аппаратуры зависит еще от некоторых других соображений, которые следует предварительно рассмотреть.

2.312.1. Способы регулирования. На рис. 16 показано различие в принципиальных схемах двух

возможных способов. Для уяснения их будем сначала исходить из простейшего типа модуляции—амплитудной модуляции. В этом случае датчик команд *ДК* может состоять из переменного сопротивления (потенциометра), которое позволяет изменять величину напряжения низкой частоты, модулирующего передатчик *П* в модуляторе *М*, причем глубина модуляции должна быть пропорциональна значению команды *К*. Тогда напряжение, выдаваемое демодулятором *ДМ*, находящимся за приемником *Пр*, также пропорционально значению команды *К*. Если, как в схеме, изображенной на рис. 16, *а*, это напряжение подводится к линейному измерительному устройству *ИУ*, подвижный орган которого непосредственно сам или через линейный сервомотор перемещает орган управления объектом *ОУ*, то задача решена: перемещение органа управления пропорционально перемещению датчика команд.

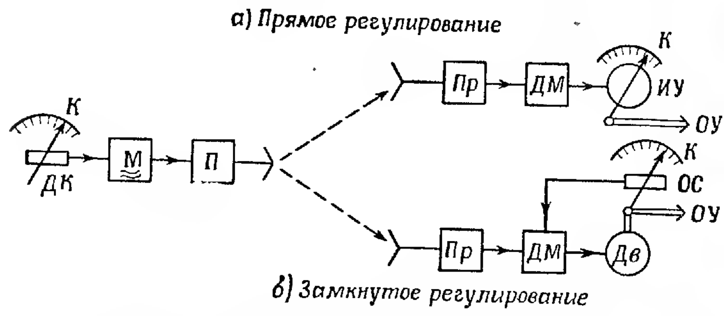


Рис. 16. Регулирование по разомкнутой и замкнутой схеме при телеуправлении с помощью непрерывных команд.

Вторая возможность (см. рис. 16, *б*) состоит в использовании выходного напряжения для того, чтобы с помощью двигателя *Дв* перемещать орган управления до тех пор, пока устройство обратной связи *ОС* (в данном случае потенциометр, подобный потенциометру датчика команд) не займет положение, аналогичное положению датчика команд *ДК*. Исполнительная система является здесь следящей системой. Элемент обратной связи *ОС* может представлять собой позиционную обратную связь самого органа управления или его привода или управляться

также от других чувствительных элементов, положение которых косвенным образом зависит от исполнения команды (например, потенциометр гироскопа, см. раздел 2,2, рис. 5 и 6 и примечание на стр. 34). Какая из двух систем должна быть применена, зависит от специфических условий управления, причем следящие системы обладают в общем большей точностью и быстротой в обработке заданных команд. Следует принимать во внимание такие вопросы, как применение пропорционального или интегрального управления (статические или астатические системы) жестких или гибких обратных связей, обратных связей позиционных или (и) по производной (дифференцирующих), введение дополнительных сигналов управления, тип применяемых сервоусилителей и т. д. Относительно этих общих соображений можно было бы порекомендовать читателю специальную литературу по регулированию и управлению [3—7, 23, 26.6, 61, 62]. Укажем далее на примеры применения, приведенные в разделе 3.523; там при использовании того или иного типа датчиков команд и линии передачи сигналов телеуправления применяется в одном случае управление по незамкнутой схеме („Фриц X", 3.523.1), в другом — замкнутое регулирование (Hs-293; 3.523.2). Для управления по высоте у Hs-293 была применена позиционная обратная связь от самих рулей высоты с регулировкой в зависимости от скоростного напора, в то время как в поперечном управлении для образования позиционного сигнала обратной связи использовалось положение самой поперечной оси (а не рулей!). Кроме того, для обеих осей была предусмотрена обратная связь с сигналом по временной производной, то есть действующее значение сигнала управления зависело от скорости перестановки рулей высоты или соответственно от скорости вращения корпуса вокруг продольной оси.

Рассмотренные в этом разделе вопросы относились преимущественно к электромеханической связи между приемником и органами управления. При проектировании телеуправляемых объектов помимо этого приходится решать большое количество чисто механических (а также физиологических!) вопросов, которые не могут быть здесь рассмотрены. В качестве примера можно упомя-

нуть испытания моделей, проведенные немецким исследовательским институтом планеризма, которые преследовали цель выяснить вопрос, при каком регулировании — по углу, угловой скорости или угловому ускорению или при какой их комбинации можно ожидать наибольшей вероятности попадания телеуправляемых бомб [34—36].

2.312.2. Тип модуляции. Уже во введении к 2.312 было замечено, что в принципе существуют четыре возможности передавать изменяющуюся во времени команду, характеризуемую так называемым „значением команды", — в соответствии со значением ординаты на рис. 10, *д*. Чтобы упростить рассмотрение вопроса, оставим пока в стороне модуляцию сигнала на высокой несущей частоте, а в основу положим случай проводной линии связи с низкой частотой (2.332.22). Тогда схема рис. 16 упрощается и преобразуется в схему, которая изображена на рис. 17.

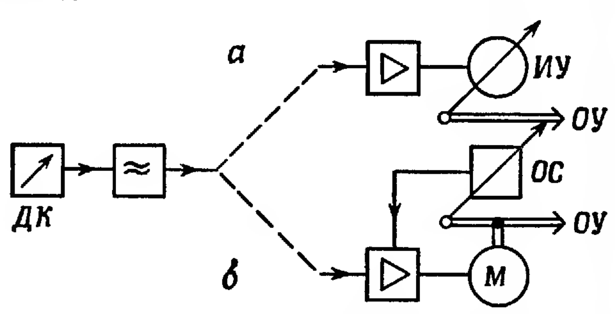


Рис. 17. Задание команд и регулирование по низкочастотной проводной линии связи.

Если при этом учесть четыре выше названные возможности, которые позволяют выразить значение команды *К*, то получим обобщенные в табл. 5 важнейшие возможности исполнения датчиков команд и измерительных устройств *ИУ* для незамкнутого регулирования.

Элемент обратной связи *ОС* при замкнутом регулировании (графа 5 в табл. 5) в общем идентичен датчику команд, кроме случая временной модуляции, при котором на выходе приемника происходит преобразование сигнала, например, в величину напряжения, выделяемого на

Таблица 5

ВОЗМОЖНОСТИ МОДУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ПЕРЕДАЧИ КОМАНД

Изменяемая величина	Датчик команд	Измерительное устройство (для незамкнутого регулирования)	Необходимое количество частот	Замкнутое регулирование по схеме, рис. 17
1	2	3	4	5
Амплитуда	Сопротивление	Измеритель напряжения	1	18 а
Частота	Конденсатор. Индуктивность. Сопротивление в релаксационном генераторе. Электронные лампы с переменным реактансом	Частотомер. Частотный дискриминатор	1 или 2	18 б
Фаза	Устройство сдвига фаз + фазовый модулятор	Фазометр	3	18 в
Время	Механический датчик. Релейный датчик. Мультивибратор. Рис. 24	Реле (или периодически перемещающийся орган управления)	1 или 2	19....23

сопротивлении (2.312.24). На рис. 18 изображены с целью объяснения практических схем замкнутого регулирования принципиальные схемы трех первых систем [58, 59, 78].

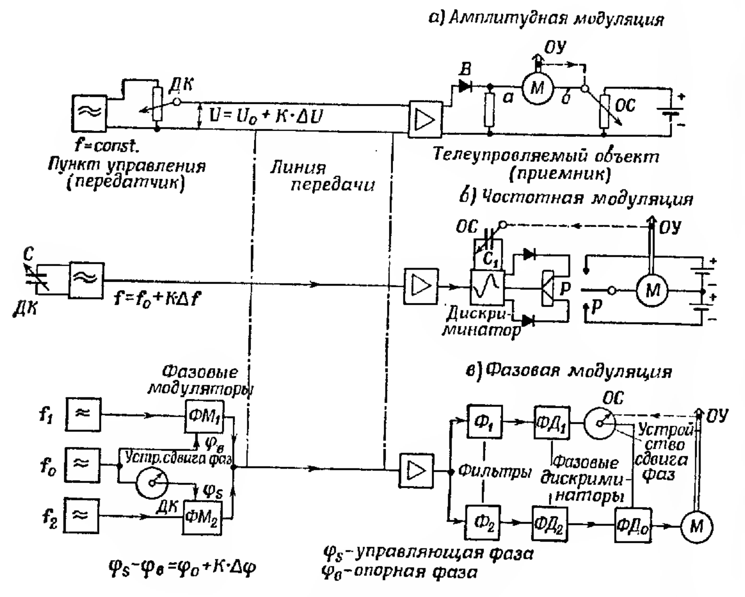


Рис. 18. Возможные варианты исполнения следящих систем управления.

2.312.21 Амплитудная модуляция[1]. При управлении амплитудой[1], согласно схеме на рис. 18, *а* (см. пример в 2.312.1), в качестве датчика команд *ДК* служит делитель напряжения, так что величина подводимого к „приемнику" (на рис. 18 представлен как усилитель) напряжения низкой частоты зависит от значения команды *К*. Если выходное напряжение приемника,

[1] Следует еще раз подчеркнуть, что здесь под «модуляцией» понимается простое изменение передаваемой величины — в данном случае напряжения низкой частоты — в зависимости от значения команды *К*. Несколько иначе обстоит дело с ниже рассматриваемыми типами модуляции высокочастотных передатчиков, источников света и т. п.

выпрямленное с помощью выпрямителя *В*, подвести к одному зажиму двигателя постоянного тока *М*, а другой его зажим подключить через потенциометр обратной связи *ОС* к напряжению постоянного тока, то стороны и скорость вращения двигателя определяются разностью потенциала между точками *а* и *б*. Двигатель, вращаясь, перемещает орган управления *ОУ* и одновременно ползунок потенциометра обратной связи *ОС* до тех пор, пока напряжение между точками *а* и *б* не станет равным нулю, то есть пока не будет выполнена команда. Легко заметить, что точное соответствие в положениях *ДК* и *ОС* имеет место только в том случае, если на протяжении всего процесса управления гарантируется установленное соотношение амплитуд, то есть напряжение передатчика, сопротивление проводов, усиление, эффект выпрямления и напряжение сравнения являются постоянными и точно соответствуют заданным значениям. Так как на практике выполнение этих условий связано с большими трудностями, то амплитудная модуляция в телеуправлении применяется обычно лишь при умеренных требованиях к точности. Добавим к сказанному, что ничего не изменится, если двигатель управляется не прямо, а через реле.

2.312.22. Частотная модуляция. При управлении частотой амплитудные соотношения не имеют никакого влияния на точность команды, коль скоро на выходе приемника обеспечивается достаточная мощность. В представленной на рис. 18, *б* схеме датчиком команд служит конденсатор переменной емкости *С*, которому на стороне приемника соответствует в качестве элемента обратной связи подстроечный конденсатор C_1.

Здесь в качестве примера изображено управление двигателем с помощью поляризованного реле, которое, срабатывая, замыкает верхний или нижний контакт в зависимости от того, выше или ниже частота сигнала передатчика частоты настройки дискриминатора. Так как ввиду многоконтурности обычных схем дискриминаторов такая настройка является несколько сложной, можно также имеющийся в приемнике генератор колебаний (осциллятор) настраивать так, чтобы его частота соответствовала „передаваемой" частоте, причем одно-

временно передается вторая частота; таким образом, дискриминатор остается постоянно настроенным на разностную частоту (принцип супергетеродина).

Вместо емкости можно, естественно, для настройки и подстройки применять индуктивности. Если генератором звуковой частоты является релаксационный генератор, то в качестве датчика может быть применена комбинация сопротивлений. Наконец для частотной модуляции на высоких частотах существует еще одна возможность — применение электронных ламп с переменным реактансом при изменении напряжения на сетке.

2.312.23. Фазовая модуляция. На рис. 18, *б* воспроизведена схема передачи команды, при которой само значение команды содержится в разности фаз двух напряжений низкой частоты, причем частота обоих напряжений одинакова f_0. Чтобы передать такую команду на расстояние, требуются еще две вспомогательные частоты, из которых одна f_1 модулируется частотой f_0 и передает опорную фазу, а другая f_2 — управляющую фазу. В качестве датчика команд и элемента обратной связи при этом служат устройства сдвига фазы любого типа. Очевидно, что затраты по реализации этой схемы значительны, хотя представляется возможным получить хорошую точность управления [58, 59]. Следует иметь в виду при этом, что для одновременной передачи многих команд (2.312.3) необходимы только две вспомогательные несущие частоты.

2.312.24. Временна́я модуляция. Наиболее распространенный метод точной передачи непрерывной команды в технике телеуправления состоит в том, что значение команды передается сигналом, определенным образом промодулированным во времени. При этом речь идет всегда о периодической манипуляции какой-либо электрической величины, причем в принципе безразлично, манипулируется ли постоянный ток, напряжение низкой или высокой частоты. Само собой разумеется, что период манипуляции должен выбираться таким образом, чтобы перестановка органа управления могла происходить с требуемой скоростью. Принцип становится ясным в результате рассмотрения рис. 19, дающего простейшую схему, причем снова предполагается низкочастотная ли-

ния связи [52]. Генератор переменного тока *ГПТ* подключен к линии передачи через командный контакт *КК*, который периодически замыкается и размыкается так, как это представлено на рис. 20, *а*. В конце линии через

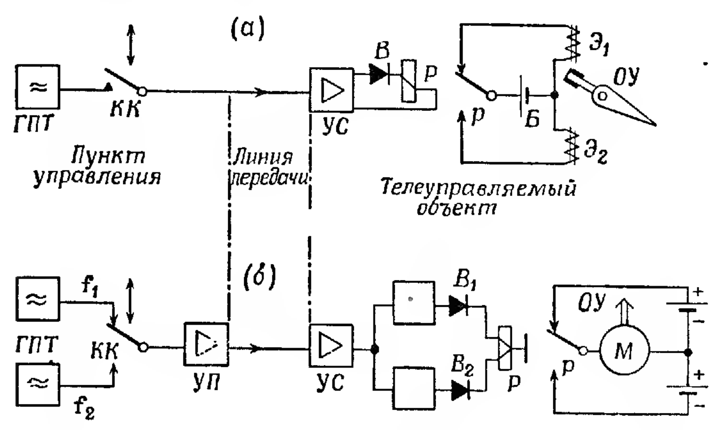


Рис. 19. Передача длительной команды с временно́й модуляцией.

выпрямитель *В* подключено реле *Р* (в случае необходимости включается еще усилитель сигнала *УС*). Контакт реле *Р*, переключаясь в том же ритме, что и командный ключ *КК*, поочередно подключает к батарее *Б*, например, два электромагнита $Э_1$ и $Э_2$, в результате чего орган управления *ОУ* на рис. 19, *а* представлен в виде руля — периодически поворачивается в ту или другую сторону. Если период коммутации выбран правильно, с учетом инерционности телеуправляемого объекта, то эффективное действие рулей (усредненное по многим периодам) зависит от соотношения времени замкнутого T_1 и разомкнутого T_2 положения командного ключа *КК*. Предстоит определить, что рассматривать в качестве „значения команды". Целесообразно симметричной манипуляции („вкл.—выкл."), при которой эффективное действие рулей равно нулю, придать значение команды $K = 0$ и получить тогда по определению значения команды

$$K = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2} = \frac{T_1 - T_2}{T},$$

могущей изменяться в пределах $-1 \leqq K \leqq +1$; причем $K = -1$, например, соответствует положению руля влево, а $K = +1$ — положению руля вправо. Можно было бы ввести и такое определение:

$$K' = \frac{T_1}{T_2};\ 0 \leqq K' < \infty,$$

однако оно менее наглядно.

Примером применения этого типа управления с временнóй модуляцией (см. рис. 19, *а* — по разомкнутой схеме с непосредственным воздействием на *ОУ*) является телеуправление падающей бомбой „Фриц-Х". См. раздел 3.523.1 и [97], а также [58, 59, 74, 78, 82].

Вместо переключения „вкл. — выкл." (система „да — нет") только одной частоты можно также поочередно осуществлять коммутацию двух различных частот f_1 и f_2, благодаря чему существенно снижается воздействие помех. При этом получают один из видов „плюс — минус" включения в системах, которые соответствуют рис. 12 (с $n = 2$). На практике, далее, проводная линия не соединяется обычно непосредственно с командным ключом *КК*, а между ними включается усилитель передатчика *УП*; при этом возникает система, соответствующая рис. 19, *б* (см. также 3.511.22 и рис. 50, 51). На этой схеме представлен другой тип управления: вместо непосредственного включения электромагнитов рулей, как это имеет место на схеме рис. 19, *а*, здесь *Р* включает сервомотор *М*, который перемещает орган управления движением объектом *ОУ*. Так как здесь не предусмотрено устройство обратной связи, то двигатель (при $K \lesseqgtr O$) вращается в одном или в другом направлении со скоростью, соответствующей абсолютному значению величины команды (так называемая интегральная или астатическая система). При этом типе регулирования можно получить также пропорциональное или статическое управление, если вместо двигателя применить исполнительное устройство в виде поворотного магнита с пружиной и устройством, обеспечивающим демпфирование. Относящаяся сюда схема коммутации представлена на рис. 20, *б*. Для полноты картины на рис. 20, *в* представлена еще одна возможность временной модуляции — импульсная фазовая модуляция (на рис. 20, *а* представлена модуляция импульсов по длительности) в том виде, как она применяется в качестве новейшего метода для высокочастотной манипуляции (2.312.3).

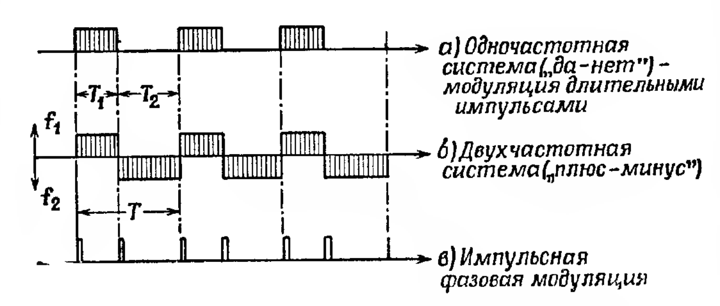


Рис. 20. Возможности временнóй модуляции.

В то время как на рис. 19, *б* в соответствии с классификацией (2.312.1) даны примеры незамкнутого исполнительного устройства, рис. 22 иллюстрирует принцип замкнутого регулирования с использованием обратной связи, причем представлен только выход приемника (схема может быть дополнена левой частью рис. 19, *б*). Элементом обратной связи служит сопротивление, ползунок которого перемещается двигателем привода органа управления *ОУ* (позиционная обратная связь).

В простой системе, соответствующей схеме, изображенной на рис. 22, *а*, достигается то, что среднее положение привода соответствует среднему значению сигнала постоянного тока (интеграл кривой манипуляции, см. пунктирную линию на рис. 21), которое в свою очередь соответствует значению команды *К*. Сервомотор совершает колебания около этого среднего положения. Инерционность сервомотора и другие факторы могут привести к некоторому отклонению от симметрии и одинаковые по величине, но различные по знаку *К* могут вызывать до некоторой степени различные по величине отклонения органов управления.

Чтобы в установившемся состоянии получить симметричную перекладку сервомотора, можно применить исполнительную систему в том виде, как она представлена на

рис. 22, *б* (принцип регулирования, принятый в управлении Hs-293, см. 3.523.2 и рис. 90). Сигнал управления от контакта реле P_1 поступает в фильтр, на выходе которого появляется напряжение, состоящее из средней составля-

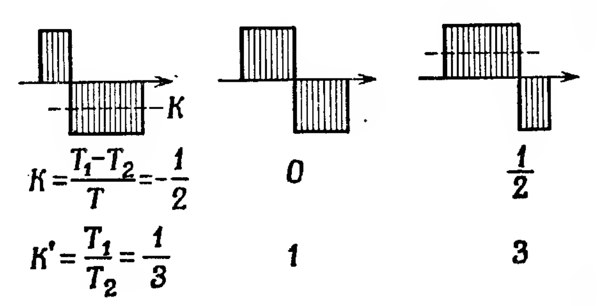
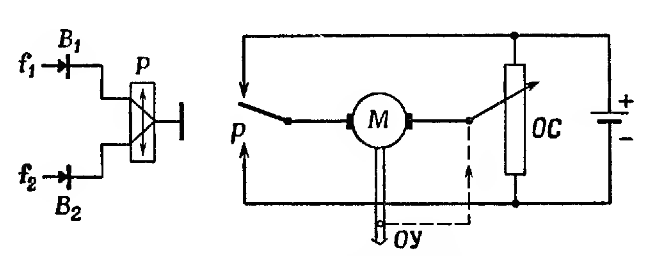


Рис. 21. Значение команды при временной модуляции.

ющей, пропорциональной значению команды K и наложенной на нее переменной составляющей напряжения частоты $\frac{1}{T}$ (см. рис. 23). Двигатель постоянного тока M, приводящий в движение орган управления *ОУ*, подключается контактом P_2 попеременно на прямое или обратное

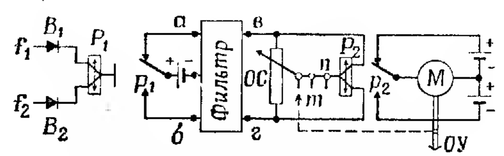


а) Сервомотор колеблется несимметрично

Рис. 22. Подключение периодической непрерывной команды в схему статического следящего управления.

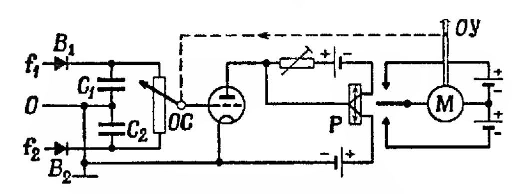
напряжение источника питания. Работа поляризованного реле зависит теперь от положения элемента обратной

связи *ОС*. Если предположить, что ползунок потенциометра *ОС* обратной связи находится в начальный момент в среднем положении, то реле P_2 вибрирует несимметрично и двигатель перемещает *ОУ*, а значит, и *ОС* до тех пор,



б) Сервомотор в установившемся режиме колеблется симметрично

Рис. 22*а*.



в) Сервомотор в установившемся режиме находится в покое

Рис. 22*б*.

пока напряжение в точке m не станет равным среднему значению напряжения между *в* и *г*; после этого p_2 вибрирует симметрично и двигатель колеблется симметрично относительно своего среднего положения, соответствующего значению K.

В случае применявшихся ранее на практике фильтров L/C (согласно рис. 23, *а*) получали на низких частотах манипуляции (10 *гц*) высокие весовые затраты на фильтр (большие индуктивности и емкости). Применяя метод, изложенный в исследованиях М. Маркуардта, можно достигнуть того же эффекта, что и в фильтрах L/C (а при наличии высших гармоник, еще лучшего), если резонансный контур, настроенный на основную частоту, заменить простым фильтром R/C. Здесь мы переходим к рассмотрению схемы на рис. 23, *б*, заметив, что в этой схеме элемент обратной связи представляет собой двойной

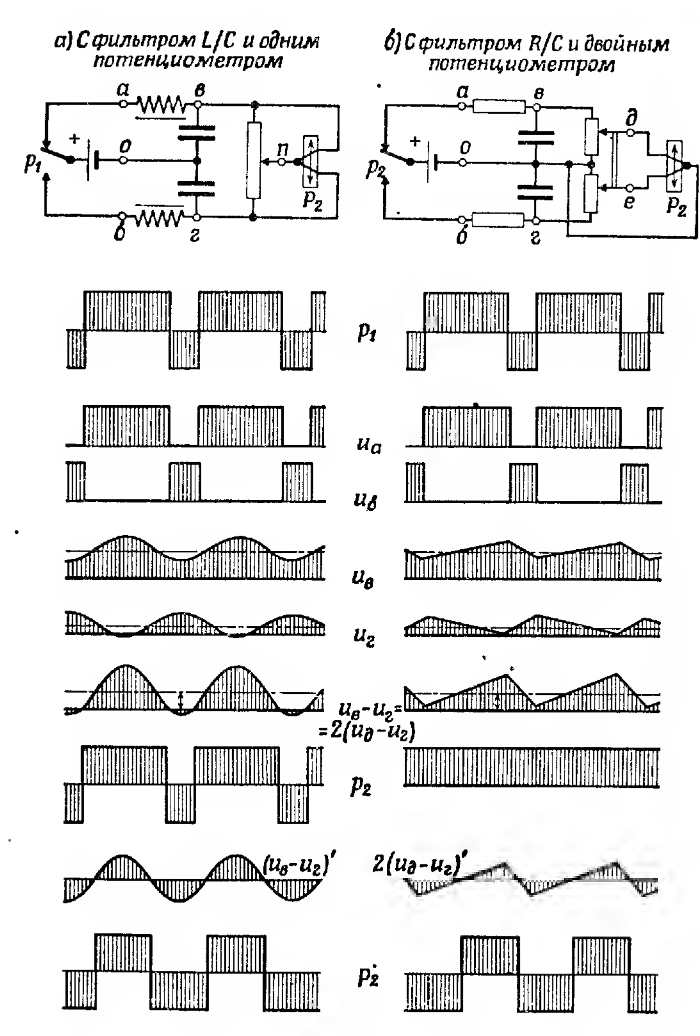


Рис. 23. Следящие системы с включением фильтров

потенциометр. (Приведенные на рис. 23, *б* кривые изменения напряжения во времени в действительности составлены из участков экспонент, которые на графиках

заменены прямыми.) Этот тип регулирования был также с успехом применен на Hs-293.

Возможные дополнительные напряжения (например, сигнал демпфирования) могут вводиться в точке *m* (рис. 22, *б*, ср. рис. 90). При этом способе регулирования область значений команд ограничивается таким образом, чтобы еще оставалась достаточная переменная составляющая напряжения. На практике исходят примерно из значений $-0{,}9 \leq K \leq +0{,}9$. Здесь датчик обратной связи может также переставляться не только приводом органа управления, но и измерителями положения объекта; пример: поперечное управление Hs-293 (см. 3.523.2).

Если необходимо двигатель привода рулей по возможности быстро привести в заданное положение и при достижении этого положения выключить, то можно пойти по пути регулирования, согласно рис. 22, *в* [76]. Выходное напряжение приемника подводится к выпрямителям B_1 и B_2, которые заряжают конденсаторы C_1 и C_2. Распределение напряжения между ними зависит тогда непосредственно от временно́го распределения f_1 и f_2, то есть от значения команды *K*. Этим, а также положением ползунка потенциометра обратной связи *ОС* определяется напряжение на сетке лампы, а значит, и анодный ток. От последнего зависит количество ампервитков любой из двух обмоток поляризованного реле. Реле устроено так, что при симметричной команде ($K = O$) контакт реле *р* занимает среднее положение, если ползунок *ОС* стоит посредине потенциометра. При других значениях *K* двигатель останавливается соответственно при другом положении движка потенциометра.

Остается рассмотреть, каким образом может быть сконструирован д а т ч и к к о м а н д, так называемый командный ключ *KK* (рис. 19), для достижения непрерывного изменения отношения времени замкнутого и разомкнутого состояния контактов. Для этого существует в основном три возможности, которые состоят в том, чтобы применять:

а) механические устройства;

б) релейные устройства;

в) электронные устройства (мультивибраторы), которые схематически представлены на рис. 24.

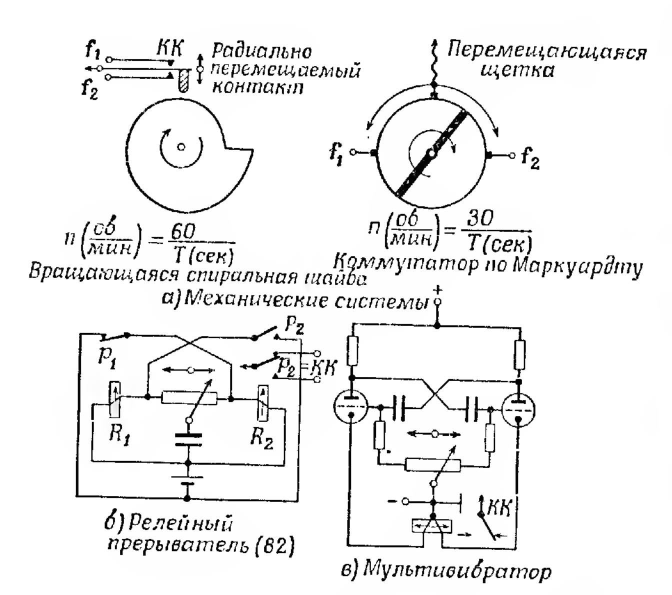


Рис. 24. Примеры коммутирующих датчиков команд.

Другие примеры выполнения механических датчиков команд представлены на рис. 46. Еще один способ приведен в разделе 3.511.14. В электронных устройствах [76, 100] механические реле обычно не применяют, а используют мультивибраторы для запирания и отпирания сигналов соответствующих частот (например, с помощью диодов). Подобным же образом может производиться сдвиг импульсов при импульсной фазовой модуляции (см. рис. 20, *в* и 25, а также [77, 90, 110]).

Следует также отметить, что промодулированные по времени указанным способом длительные непрерывные команды могут быть использованы для осуществления заданной во времени программы управления. При этом сигналы записываются с помощью какого-либо воспроизводящего устройства (например, магнитофона), которое в нужный момент времени выдает соответствующую команду [100].

2.312.3. Параллельная передача нескольких команд. До сих пор речь шла о передаче только

одной непрерывной команды управления. Если же нужно передавать одновременно несколько (n) команд, то рассмотренные в предыдущих разделах системы управления следует повторить в общем случае n раз. Это, в частности, означает, что системам, представленным на рис. 18, 19 и 20, соответствует следующее число необходимых командных частот:

Рисунок	Число необходимых командных частот
18,*а*	n
18,*б*	n или $n+1$
18,*в*	$n+2$
19,*а*/20,*а*	n
19,*б*/20,*б*	$2n$

При импульсной фазовой модуляции (рис. 20, *в*) точно так же, как и при модуляции длительности импульсов на одной несущей частоте, весь период основных импульсов (T) должен быть расчленен для передачи отдельных команд. На рис. 25 приведена временна́я схема для передачи шести друг от друга независящих команд. Первый (девятый) частичный период необходим для синхронизирующего импульса, в то время как восьмой ($n+2$) частичный период служит для выдерживания промежутка между командными и синхронизирующим импульсами. Аппаратура, которая работает таким образом, описана в [110] применительно к целям телеметрии. Об аппаратуре с импульсной амплитудной модуляцией смотри [77, 90]. В остальном, что касается новых возможностей импульсной модуляции, можно сослаться на специальную литературу, например [18—22, 102].

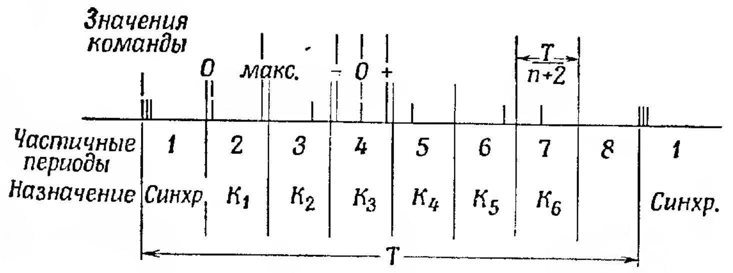


Рис. 25. Импульсная фазовая модуляция для передачи $n = 6$ команд.

Чтобы не допустить смешения понятий, необходимо еще раз подчеркнуть, что следует различать две категории „модуляции": с одной стороны[1], — это рассмотренное в разделе 2.312.2 изменение некоторой величины (амплитуды, фазы и т. д.), содержащей значение команды, а с другой, — способ модуляции несущей частоты промежуточным сигналом (например, низкой частотой), содержащим в себе значение команды. Для этой последней категории применимы в принципе все известные виды модуляции, которые здесь могут быть только перечислены:

амплитудная модуляция	(АМ)
частотная модуляция	(ЧМ)
фазовая модуляция	(ФМ)
импульсная амплитудная модуляция	(ИАМ)
импульсная частотная модуляция	(ИЧМ)
импульсная фазовая модуляция	(ИФМ)
время-импульсная модуляция	(ВИМ)
импульсная кодовая модуляция	(ИКМ)

Тип применяемой в каждом отдельном случае модуляции зависит от многих факторов, некоторые из них упоминаются в разделе 2.7. Усовершенствования, по-видимому, будут идти в направлении импульсной модуляции, в особенности импульсной фазовой модуляции.

Исключительно просто решается вопрос о передаче сигналов на постоянном токе по проводам (2.332.21), если должны передаваться только 1 или 2 непрерывные команды. Таким способом, например, осуществлялось телеуправление снарядом Х-4 (см. 3.524.1, рис. 92, а также рис. 54).

2.32. Метод равносигнальной зоны

Если по методу команд телеуправляемому объекту посылаются определенные, так сказать, готовые команды, то при управлении по радиолучу формирование команд происходит на самом телеуправляемом объекте. В пункте управления ему задается лишь определенная линия в пространстве, вдоль которой он должен двигаться. Эта направляющая линия является, вообще говоря, прямой,

[1] См. примечания на стр. 48.

обозначающей равносигнальную зону. Если речь идет только об одной степени свободы, то вместо луча выступает направляющая плоскость (часто также именуемая направляющим лучом). В принципе, однако, направляющие луч или плоскость могут быть искривленными, как, например, при методе управления по гиперболе [63].

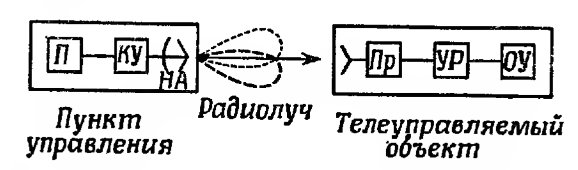


Рис. 26. Принципиальная схема телеуправления по радиолучу.

На рис. 26 дана схема системы управления по радиолучу [56]. Передатчик *П* через коммутирующее устройство *КУ* связан с направленной антенной *НА*, диаграмма направленности которой периодически изменяется так, что возникает направляющий луч (или соответственно плоскость). На выходе направленного радиоприемника *Пр* появляется сигнал, который позволяет узнать, в какую сторону отклоняется телеуправляемый объект от направляющего луча. Этот сигнал преобразуется затем в устройстве регулирования *УР* бортовой системы управления, и орган управления *ОУ* перемещается так, чтобы телеуправляемый объект получил коррективы для возвращения на направляющий луч.

2.321. *Создание направляющего луча.* Направляющий луч в принципе возникает вследствие того, что благодаря полю излучения в пространстве создается линия, вдоль которой поле сильно отличается от примыкающего к этой линии поля. Признаки этого отличия могут состоять в следующем.

2.321.1. Наибольшая напряженность поля. Предпосылкой для создания наибольшей напряженности поля является очень острая диаграмма направленности излучения источника.

2.321.2. Наименьшая напряженность поля создается благодаря диаграмме излучения с острой впадиной в направлении оси луча.

2.321.3. Постоянная напряженность поля. Технически весьма трудно реализуется для интересующих практику направляющих лучей (например, ранние попытки самолетовождения в вертикальной плоскости — „глиссадный радиомаяк" — в системе слепой посадки).

2.321.4. Определенное соотношение фаз. Оно существует между полями двух или более частот, которые излучаются с неизменной фазой: например, „Десса" — метод, применяемый при самолетовождении по гиперболе [1, 17, 63], дает направляющую плоскость только для горизонтальной навигации.

2.321.5. Одинаковая напряженность полей. Создается при наличии двух различных источников излучения. Последний метод широко распространен, причем высокочастотный передатчик любым образом (для одной плоскости) периодически переключается на две антенные системы таким образом, что возникают две одинаковые, но сдвинутые на определенный угол диаграммы излучения (эллиптической или лепестковой формы), точки пересечения которых образуют направление плоскости управления, как это показано на рис. 26. Вместо переключения на две антенны можно применять также механическое или электрическое вращение диаграммы излучения при одной антенне.

2.322. *Определение отклонения от направляющего луча.* Для создания возможности использования направляющего луча на стороне приемника он должен формироваться таким образом, чтобы можно было определить направление отклонения объекта от направляющей плоскости. Обычными для этого методами являются:

2.322.1. Несимметричное во времени переключение, например, в ритме точка — тире.

2.322.2. Симметричное во времени переключение с одновременным переключением модуляции; например, обоим лепесткам излучения придаются различные звуковые частоты.

Самым известным применением первого метода является посадка самолетов по приборам: при этом вертикальная направляющая плоскость задается курсовым посадочным радиомаяком, вторая направляющая плоскость (теоретически плоскость, наклоненная под „углом планирования" к горизонту) задается глиссадным радиомаяком. В остальном сошлемся на специальную литературу [1, 17] (см. также раздел 3.6).

Наведение в направляющей плоскости снаряда Фау-2 осуществляется по второму методу. См. по этому вопросу разделы 3.511.16, 3.522 и рис. 19 [26.6, 71—73]. Точно так же могут работать дальние приводные радиомаяки (в принципе даже световые и инфракрасные). Во всех этих случаях речь идет о постоянно установленном, то есть неподвижном в пространстве направляющем луче. Однако, если направленная антенна сконструирована поворачивающейся (механически или электрически) и следит за подвижной целью, то возникает собственно „пункт управления". По этому методу могут, например, наводиться на движущуюся цель снаряды („электрические артиллерийские стволы"), причем для второй плоскости система может повторяться, а диаграмма излучения — вращаться вокруг направления управляющего луча.

2.323. *Регулирование на борту объекта при управлении по радиолучу.* В предыдущих разделах часто говорилось о „регулировании". Эта функция, то есть передача на орган управления правильного по знаку и величине сигнала управления, возникшего в результате отклонения объекта от направляющего луча, выпадает на долю „устройства регулирования" бортовой системы управления *УР*, показанного на рис. 26. Отклонение телеуправляемого объекта от оси радиолуча устанавливается направленным радиоприемником. Если исходить из обычных индикаторов приемников, предназначенных для вождения по радиолучу — например, для слепой посадки, — то есть приборов, отклонение стрелок которых является мерой отклонения от оси равносигнальной зоны, то достаточно вместо указателей применить управляющие устройства сервомоторов, чтобы получить схему регулирования. Законченную схему можно получить, например, в результате замены на схеме (рис. 6) курсового гироскопа индикатором направленного радиоприемника, указатель которого снабжен потенциометрическим датчиком. Демпфирующие элементы играют при этом также большую роль [26.6, 64]. Схема регулирования

Фау-2 при управлении по радиолучу подробно описана в разделе 3.522 (см. рис. 76, 77).

2.33. Способы передачи сигналов телеуправления

Передача команды от командного пункта на телеуправляемый объект может происходить или с помощью излучения, или по проводам. Для полноты упомянем также чисто механическую тросовую передачу, применяемую для игрушек и движущихся моделей (например, полет на корде).

Выбор того или иного вида передачи для решения конкретной задачи определяется в первую очередь состоянием техники в соответствующей области, а также требуемым радиусом действия. Здесь можно лишь перечислить основные применяемые методы.

2.331. *Излучение.* Может применяться для передачи при управлении как по методу команд, так и по методу равносигнальной зоны.

2.331.1. Электромагнитные колебания.

2.331.11. Радиоволны (весь спектр высоких частот от длинных до сантиметровых волн).

2.331.12. Тепловое (инфракрасное) излучение.

2.331.13. Световое излучение.

2.331.2. Упругие колебания (в воде или в воздухе).

2.331.21. Звуковые волны.

2.331.22. Ультразвуковые волны.

2.332. *Электропроводная передача.* Применима только для метода команд.

2.332.1. Различие по числу проводов.

2.332.11. Однопроводная передача (обратный провод — земля, вода или — при высокой частоте — атмосфера).

2.332.12. Двухпроводная передача. При параллельной передаче нескольких команд (2.312.3) необходимо несколько несущих частот или применение селекции.

2.332.13. Многопроводная (кабельная) передача. При n командных каналах необходимо $n+1$ жил, в случае применения селекции — меньше.

2.332.2. Отличие по виду тока.

2.332.21. Передача на постоянном токе.

2.332.22. Передача на низкой частоте.

2.332.23. Передача на высокой частоте (по проводам).

Различные возможности [52] передачи обобщены еще раз в табл. 6. Табл. 7 содержит спектр известных частот. Из таблиц видно, что в телеуправлении на практике используется лишь небольшая часть теоретических возможностей: для телеуправления излучением в основном применяются ультракороткие волны в дециметровом и сантиметровом диапазоне, для телеуправления по проводам — передача на постоянном токе и на низкой частоте (примеры применения см. в 3.511).

2.333. *Комбинации способов передачи.* Возможны также различные комбинации способов передачи. В качестве примера можно привести проект итальянца Гроцци. Торпеда сбрасывается с самолета вместе с буем. На воде торпеда отделяется от буя и получает от него по проводам команды управления, которые посылаются радиопередатчиком и воспринимаются приемником на буе. Создание этой системы, кажущейся несколько громоздкой, было обусловлено сильным поглощением обычных радиоволн в воде. Единственный известный автору проект беспроводного управления с самолета подводной торпедой, управление „NY“ (3.511.15) с несущей частотою 100 *кгц*, оказался неудовлетворительным.

2.4. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

Лучшие способы телеуправления окажутся бесполезными, если не будут применены методы, позволяющие устанавливать исходные данные для задания „правильных" команд телеуправления. При этом речь идет, вообще говоря, о задачах определения координат. Эти задачи в каждом отдельном случае могут выглядеть по-разному и соответственно по-разному решаться. В настоящем разделе дан обзор наиболее важных возможностей решения задач контроля координат. Что касается деталей установок для определения координат, и особенно радиолокационных устройств, то следует обратиться к специальной литературе [1, 2, 17, 26.3, 26.4].

Прежде всего можно различать, наводится ли телеуправляемый объект на определенную цель или он дол-

Способы передачи сигналов телеуправления			
Излучение		Провода	
электромагнитное	механическое	Число проводов	Вид тока
Радио (ВЧ) Тепловое (ИК) Свет	Звук Ультразвук	Однопроводная Двухпроводная Многопроводная	Постоянный ток Низкая частота Высокая частота

Спектр частот

Частота	Длина волны см (эл. м)	В обычных единицах: эл. м	В обычных единицах: акустическ.			Тип тока или излучения	Телеуправление: Излучение эл. м	Телеуправление: Излучение мех.	Телеуправление: Провода	Определен. координат: эл. м	Определен. координат: мех.	Самонаведение эл. м: П	Самонаведение эл. м: А	Самонаведение мех.: П	Самонаведение мех.: А	Исполнен. спец. команд эл. м: П	Исполнен. спец. команд эл. м: А	Исполнен. спец. команд мех.: П
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	∞	Вакуум	Воздух	Вода		Постоянный ток												
1					Низкие частоты													
10	—		10 м	100 м														
10^2	10^8		1 м	10 м		Технич. переменный ток												
10^3	10^7	100 км	10 см	1 м		Звуковая частота		Звук										
10^4	10^6	10 км	1 см	10 см														
10^5	10^5	1 км	и т. д.		Высокие частоты	Сверхдлинные волны		Ультразвук										
10^6	10^4	100 м				Длинные волны Средние волны												
10^7	10^3	10 м				Промежут. волны Короткие волны												
10^8	10^2	1 м				Ультракороткие волны												
10^9	10^1	1 дм			Сверхвысок. частоты	дм волны												
10^{10}	10^0	1 см				см волны												
10^{11}	10^{-1}	1 мм				мм волны												
10^{12}	10^{-2}					Инфракр. (тепловое) излучение												
10^{13}	10^{-3}																	
10^{14}	10^{-4}	1 μ																
10^{15}	10^{-5}					Свет												
10^{16}	10^{-6}					Ультрафиолетовое излучение												
10^{17}	10^{-7}	1 мμ				Лучи Рентгена												
10^{18}	10^{-8}	1 Å																
10^{19}	10^{-9}																	
10^{20}	10^{-10}					Гамма-излучение (атомное излучение)												
10^{21}	10^{-11}	1 X																
10^{22}	10^{-12}					Космическое излучение												
10^{23}	10^{-13}																	
10^{24}	10^{-14}																	

■ Применяется ▩ Применяется в особых случаях ▨ Применение возможно или представляет интерес

П — пассивный А — активный

жен двигаться по определенной траектории. Далее можно поставить условие, чтобы объект принимал определенное положение, скорость и т. п.

Рассмотрим вначале наиболее часто встречающийся случай, когда телеуправляемый объект наводится на определенную цель.

2.41. Методы наведения на цель

Следует различать [92]:

2.411. Прицеливание—определение координат цели, выбор направления и момента старта, предварительная установка датчиков управления (программы) для автономно управляющих объектов.

2.412. Собственно наведение—определение исходных данных для выдачи „правильных" команд телеуправления с целью корректирования траектории управляемых объектов.

2.411. *Прицеливание.*

2.411.1. Место старта и цель неподвижны. При этом прицеливание происходит по видимой цели или по невидимой (применяется карта) с учетом внешних влияний (например, ветра) аналогично нормальному прицеливанию при артиллерийской стрельбе. Если точное положение цели неизвестно и перед стартом телеуправляемого объекта определено быть не может, то в основу прицеливания ложится лишь приблизительное направление на цель, а в последующем, как только объект сам „уловил" цель, происходит исправление его траектории по методу целеуказания или самонаведения.

2.411.2. Место старта или наблюдения и цель движутся относительно друг друга. При этом, вообще говоря, уже перед стартом должна существовать связь между пунктом наблюдения[1]

[1] «Пункт наблюдения» — место нахождения «наблюдателя», то есть лица, которое занимается определением координат. «Пункт управления» — место нахождения «оператора» (у телеуправляемого оружия — «стрелка-оператора»), то есть лица, которое выдает команды телеуправления с помощью датчиков команд или устройства, задающего направляющий радиолуч. Наблюдатель и опера-

и целью. При этом применяют по возможности тот же метод определения координат, что и при исправлении траектории в процессе наведения. Самое простое решение оказывается в том случае, когда место старта телеуправляемого объекта может рассматриваться как точка его траектории, к которой относятся те же основные условия, что и ко всем другим точкам (см. рис. 34). Если этого нет (например, при вертикальном взлете ракет), то необходимо промежуточное включение особых счетно-решающих устройств или программного управления. Вообще же применимы также и обычные для „выстрела" неуправляемых тел методы, использующие счетно-решающие устройства, вырабатывающие углы упреждения, параллаксные устройства и т. п. Сюда в общем относится также определение дистанции до цели, но от этого большей частью можно отказаться во время последующего корректирования траектории в процессе наведения. Если точное положение цели перед стартом неизвестно, то имеет силу сказанное по этому поводу в 2.211.1.

Особый случай представляет собой закономерное относительное движение места старта и цели, как это может быть при наведении с небесных тел (естественных или искусственных). При этом очень важен точный момент старта, который устанавливается расчетным путем [8].

2.412. Собственно наведение. Наиболее общий случай имеет место тогда, когда пункт управления или наблюдения и цель перемещаются в пространстве. Задача заключается тогда в определении относительного положения телеуправляемого объекта и цели, причем вообще достаточно установить относительное положение по двум координатным осям, в то время как дальность до цели имеет лишь второстепенное значение (например, при атаке кораблей или самолетов с самолета, см. рис. 1 и 2). Возможные методы представлены схематически

тор могут быть одним и тем же лицом или различными лицами. В последнем случае пункт наблюдения и пункт управления могут находиться в пространстве в различных точках. В каждом случае аппаратура определения координат и аппаратура управления, принадлежащая соответствующим пунктам, может быть распределена в пространстве по желанию.

на рис. 27, причем обозначения соответствуют обозначениям на рис. 3 [52].

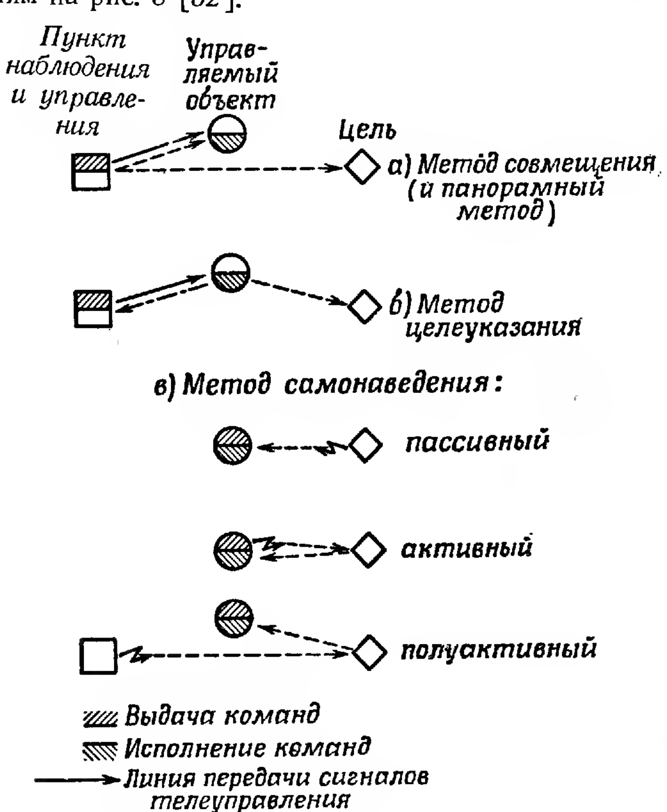


Рис. 27. Схема методов определения координат.

2.412.1. Метод совмещения[1]. Объект управляется таким образом, что он в каждый момент времени находится на прямой (или по возможности ближе к ней), связывающей наблюдателя и цель, причем его траектория

[1] Его называют также трехточечным методом. — *Прим. ред.*

определяется двумя заданными траекториями и тремя скоростями. Рис. 28 дает принципиальное представление о методе совмещения для одной плоскости [56]. Положение пункта наблюдения, телеуправляемого объекта

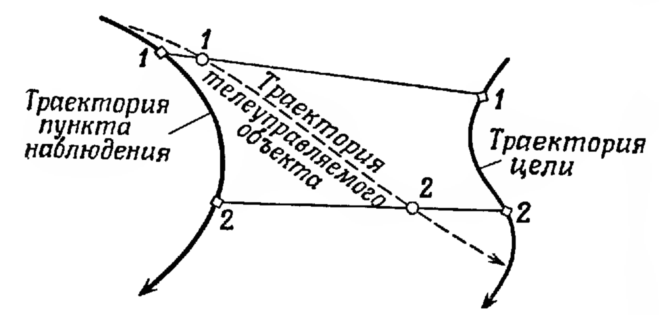


Рис. 28. Метод совмещения.

и цели для одинаковых моментов времени *1* и *2* обозначены одинаковыми цифрами. Кривизна траектории в данном случае незначительная (см. также рис. 34, кривая 1). Определение координат по методу совмещения может производиться:

2.412.11. Оптически. Если цель и телеуправляемый объект видны с пункта наблюдения при помощи подсвечивающих средств и оптических устройств, то линии наблюдатель — цель и наблюдатель — объект перекрывают друг друга, отсюда не совсем правильное название для этого метода — „двойное перекрытие".

2.412.12. Посредством радиотехнических, инфракрасных и других средств. При отсутствии или ненадежной видимости вместо зрительного луча выступает пеленгаторный луч. Эта пеленгация может производиться[1] с помощью радиотехнических, а также тепловых (инфракрасных) или акустических средств (звуковых, ультразвуковых, особенно под водой). Так как при этом должны быть определены координаты одновременно двух объектов, а именно:

а) координаты цели,
б) координаты объекта,

[1] См. табл. 7, графы 10 и 11.

то система должна конструироваться так, чтобы имелась возможность наблюдать пеленги раздельно или пеленг объекта относительно направления на цель. При этом телеуправляемый объект снабжается передатчиком[1], а в пункте наблюдения устанавливается приемный пеленгатор. В определении координат цели следует различать два случая: а) цель сама излучает, так что можно определить ее координаты тоже с помощью приемного пеленгатора (например, на другой частоте); б) цель не дает излучения, ее координаты можно определить с помощью пеленгации отраженных от цели лучей, то есть с помощью радиолокации [92]. На рис. 29 схематически показана необходимая для этого система; затраты на аппаратуру при этом являются уже значительными [52, 56]. В качестве примера следует упомянуть систему „Рейнланд" для зенитных ракет (см. раздел 3.525.2).

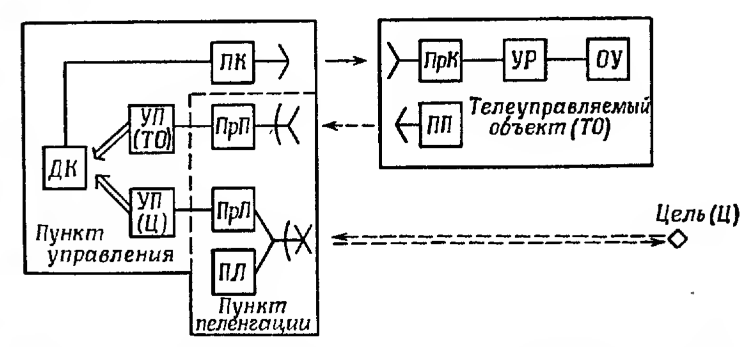
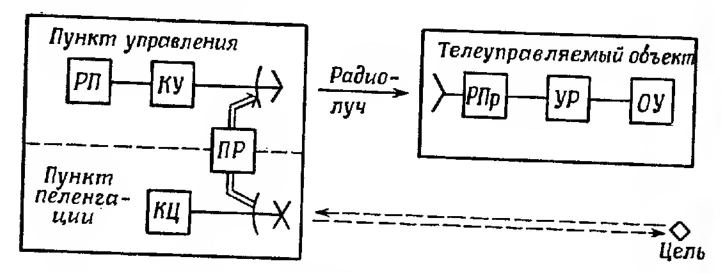


Рис. 29. Определение координат и управление по методу совмещения с обратным пеленгом цели и приемным пеленгом телеуправляемого объекта.
ДК — датчик команд; *ПК* — передатчик команд; *ПрК* — приемник команд; *УР* — устройство регулирования; *ОУ* — орган управления; *ПП* — передатчик пеленгаторный; *ПрП* — приемник пеленгаторный; *УП(ТО)* — указатель пеленга (телеуправляемого объекта); *ПрЛ* — приемник локатора; *ПЛ* — передатчик локатора; *УП(Ц)* — указатель пеленга (цели).

2.412.13. В соединении с управлением по радиолучу. Необходимость специального определения координат телеуправляемого объекта отпадает, если для управления

[1] Или ответчиком. — *Прим. ред.*

применяется метод наведения по радиолучу [2.32]. В этом случае устройство для определения координат цели — как при оптическом, так и при других методах — непосредственно (или в случае необходимости—через параллаксное счетно-решающее устройство) соединено с направляющей системой радиолуча. На рис. 30 схематически представлена такая система. Методом определения координат, который хотя и не исходит из совмещения пеленгов, но тоже работает по схеме (рис. 27, *а*), является стереоскопический метод.



Р и с. 30. Определения координат цели по методу управления по радиолучу.

РП — равносигнальный передатчик; *КУ* — коммутирующее устройство; *КЦ* — координатор цели; *ПР* — параллаксное счетно-решающее устройство; *РПр* — равносигнальный приемник; *УР* — устройство регулирования; *ОУ* — орган управления.

2.412.2. Стереоскопический (панорамный) метод. При этом методе благодаря электромагнитному (радиолокационному) обзору интересующего сектора пространства получается электронное изображение, на котором видны соответствующие положения цели и телеуправляемого объекта, причем отметка, соответствующая телеуправляемому объекту, должна обладать опознавательным признаком, по которому ее можно было бы отличить от отметки цели. Управление происходит таким образом, чтобы траектория телеуправляемого объекта была направлена на выбранную цель. Для определения трех координат (пространственное движение) необходимо иметь два отдельных устройства, так как возможность определения координат по одному изображению всегда ограничена только одной плоскостью. Для определения различных координат могут быть применены различные

методы, например для определения координат тела в воздухе с земли: азимут — по панораме (вернее „по плоскому изображению" в горизонтальной плоскости), угол места — по пеленгу радиолокатора.

Стереоскопический метод применяется уже несколько лет для регулирования воздушного движения и для наведения истребителей [1.15], однако в форме пилотирования по командам телеуправления [54], то есть с выдачей летчику команд голосом по линии радиосвязи. Замена ее линией передачи команд (рис. 9) не означает какого-либо различия в отношении процесса определения координат.

2.412.3. Метод целеуказания. При этом методе координаты цели определяются на телеуправляемом объекте, а результат этого определения передается на пункт управления, с пункта управления подаются команды на объект, с тем чтобы направить его движение на цель. Рис. 31 демонстрирует сущность этого метода (в этом случае безразлично, где находится пункт управления), а рис. 32 — схему систем,реализующих данный метод [52, 56]. Последний рисунок позволяет видеть, что затраты на борту телеуправляемого объекта при управлении по этому методу возрастают в сравнении с затратами при методе совмещения. Способ определения координат, обусловливающий конструкцию координатора цели, может строиться с помощью телевидения и пеленгации.



Р и с. 31. Метод целеуказания.

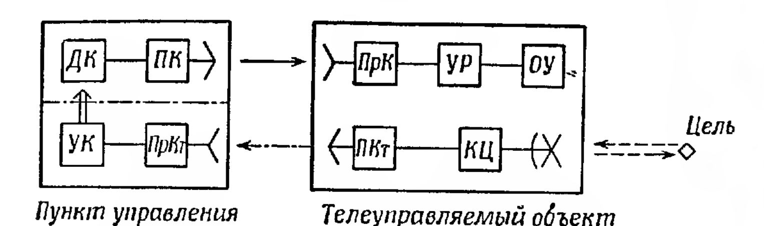


Рис. 32. Определение координат и управление по методу целеуказания.

ДК — датчик команд; *ПК* — передатчик команд; *УК* — указатель координат; *ПрКт* — приемник координат; *ПрК* — приемник команд; *КЦ* — координатор цели (прибор целеуказания); *ПКт* — передатчик координат; *ОУ* — орган управления; *УР* — устройство регулирования.

2.412.31. Телевидение. В данном случае координатор цели *КЦ* представляет собой телевизионную камеру; получаемое в ней изображение посылается с помощью передатчика *ПК* на пункт управления; изображения могут быть оптическими, инфракрасными или электронно-оптическими, см. 3.512.

2.412.32. Пеленгация. Смотря по тому, излучает сама цель или нет, координатор имеет приемник прямого излучения или отраженного излучения передатчика (например, радиолокатора). Последнее обладает тем преимуществом, что можно легко попутно определять данные о расстоянии до цели. Зато в данном случае выбор между многими целями сильно затруднен. Эти трудности могут быть лучшим образом преодолены как при телевизионном методе, так и в определенных условиях при панорамном методе (см. 2.412.2, а также 2.76).

2.412.4. Автоматическое управление и определение координат. Как при методе совмещения, так и при методе целеуказания можно осуществить автоматизацию выдачи команд, связав с помощью специальной аппаратуры — электрически или электромеханически — координатор цели с датчиком команд. Сам процесс определения координат можно также автоматизировать, формируя в указателе координат сигнал управления, с помощью которого устройство для определения координат (например, антенна пеленгатора) автоматически направляется на цель.

При методе целеуказания, телевизионном или пеленгаторном, это можно осуществить, минуя находящийся вне телеуправляемого объекта пункт управления и „замыкая накоротко" указатель координат с устройством управления объектом. Схема на рис. 32 превращается тогда в изображенную на рис. 33 принципиальную схему метода самонаведения, принцип которого уже был описан в 2.13.

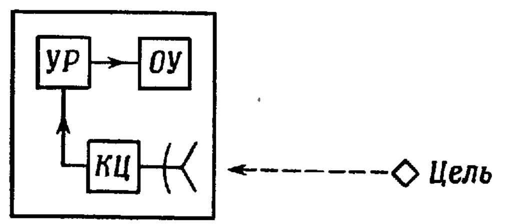


Рис. 33. Принципиальная схема системы самонаведения.

КЦ — координатор цели (установка самонаведения); *УР* — устройство регулирования; *ОУ* — орган управления объектом.

В зависимости от того, создает ли цель в пространстве поля, которые могут быть использованы для целей самонаведения, или не создает, можно различать три метода:

2.412.41. Пассивный метод. Энергия, используемая для определения координат, излучается целью[1] (прямой пеленг);

2.412.42. Активный метод. Цель облучается с телеуправляемого объекта на несущей частоте устройства определения координат (обратный пеленг);

2.412.43. Полуактивный метод. Облучение цели, необходимое для пеленга отраженного излучения, производится с пункта, расположенного вне телеуправляемого объекта (например, с места старта). Метод самонаведения

[1] Если цель не излучает, то в некоторых случаях на ней можно помещать источник излучения (передатчик), на который и наводится объект с помощью прибора самонаведения.

подробно рассмотрен в разделе 2.5, особенно подробно освещены различные формы энергии (примеры применения см. в 3.513).

2.413. *Траектория.* Траектория телеуправляемого объекта, по которой он движется к цели, зависит от следующих факторов:

1. места старта, направления старта, момента старта;
2. движения наблюдателя } во время уточнения траектории в процессе наведения;
3. движения цели } во время уточнения траектории в процессе наведения;
4. скорости телеуправляемого объекта;
5. метода определения координат.

Из рис. 28 и 31 видно, что траектории при методе совмещения и методе целеуказания (и самонаведения[1]) будут выглядеть совершенно по-разному, так как в первом случае определяющим является только местоположение объекта в данный момент, а во втором — мгновенное положение продольной оси (в самом простом случае совпадающее с касательной к траектории, то есть с направлением движения). На рис. 34 показаны кривые траекторий телеуправляемого объекта (например, зенитной ракеты [52, 56, 93]). При построении кривых было принято, что пункт наблюдения и пункт управления неподвижны, а скорости цели и телеуправляемого объекта постоянны и относятся как 2 : 3.

Траектория *2* рассчитана в предположении, что ось координатора (например, телевизионной камеры) совпадает с осью телеуправляемого объекта. В этом случае получается так называемая „кривая погони" [111, 112]. Легко усмотреть следующие принципиальные различия между двумя траекториями на рис. 34:

а) длина траектории *2* больше, чем траектории *1*;

б) радиус кривизны траектории *2* меньше, чем траектории *1*;

в) пересечение траектории *1* с траекторией цели происходит под большим углом, а траектории 2 — под нулевым углом.

[1] Здесь речь идет лишь об одном варианте метода самонаведения, наименее совершенном в многочисленной группе современных способов самонаведения. — *Прим. ред.*

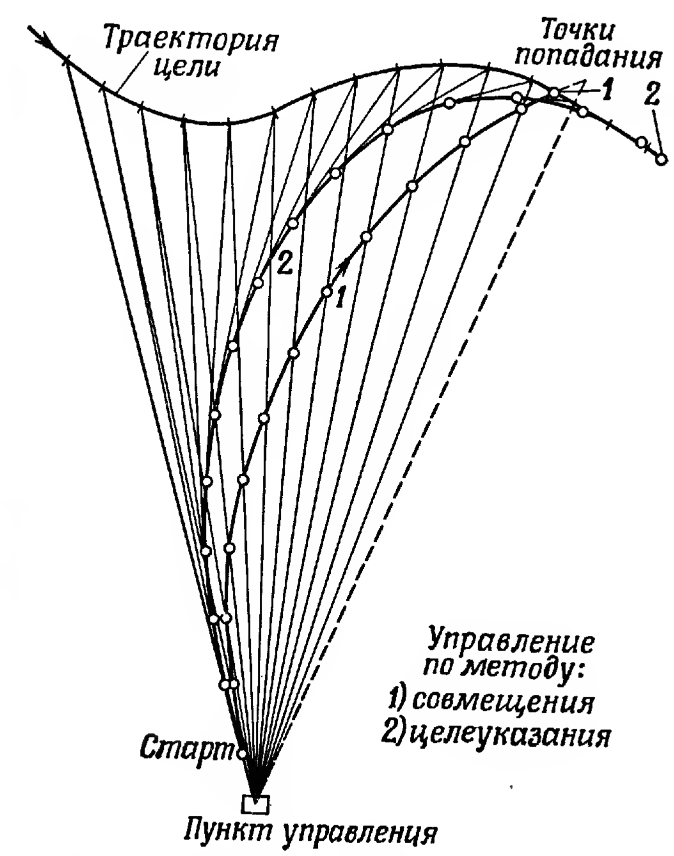


Рис. 34. Траектории телеуправляемых объектов.

Для практики важен прежде всего пункт „б", так как телеуправляемые объекты способны следовать траекториям с ограниченным радиусом кривизны. С целью спрямления „кривой погони" можно координатор устанавливать так, чтобы его ось образовала некоторый угол с продольной осью телеуправляемого объекта. В этом случае говорят о „косящей" установке координатора (например, прибора самонаведения) и об „искаженной кривой погони". Угол установки может быть постоян-

ным или изменяемым. Изменение угла установки может производиться с помощью программного регулирования, команд телеуправления или автоматически (см. раздел 2.25). Последнее применяется прежде всего в системах самонаведения и представляет собой в некоторых случаях единственный путь решения некоторых задач, тем более что при этом может быть достигнуто сокращение общей длины пути до цели (подробнее об этом см. в 2.53, 2.54 и 2.75).

2.42. ЗАДАНИЕ ТРАЕКТОРИИ

2.421. *Заранее предписанная траектория.* В предыдущих разделах были рассмотрены траектории, получающиеся при наведении на цель по различным методам. Задача, однако, иногда может стоять так, что телеуправляемому объекту заранее намечается определенная траектория в пространстве. При этом в принципе применимы методы определения координат, рассмотренные ранее. Разница состоит в том, что теперь речь идет не об определении относительного положения цели и телеуправляемого объекта, а о задании программы. Возможность применения заключается, например, в проведении испытательных полетов без экипажа, причем телеуправляемый объект должен пройти по заданной траектории. Подходящим для этих целей является метод равносигнальной зоны (2.32). Используя его, можно, например, заставить телеуправляемый объект стартовать по радиолучу; вдоль него объект движется до пересечения с другим радиолучом, на который он затем „сворачивает". Это имеет место, например, при навигации по гиперболе [1, 15, 17].

Легко может быть применен и панорамный метод (2.412.2), причем на экране заранее наносится предписанная траектория и с ней совмещаются светящиеся отметки, соответствующие положению телеуправляемого объекта. Примером выдерживания заранее заданной траектории длиною более 1000 *км* является трансатлантический перелет, совершенный американским самолетом в 1947 году [65, 66]. Этот перелет рассмотрен в разделе 3.6. В этом случае речь идет о попеременном применении

метода автономного управления и метода полета на цель.

2.422. *Замер траектории.* Кроме управления по определенной траектории, часто представляет интерес замер фактической траектории, который здесь подробно рассматриваться не будет. Конкретные случаи такого метода описаны в литературе [26.8, 71, 108].

2.43. Контроль режима полета и работы агрегатов

Кроме получения исходных данных для телеуправления, может потребоваться, чтобы на пункт управления передавались также данные о режиме полета и работе агрегатов на борту телеуправляемого объекта. Здесь речь идет не столько о задачах определения координат, сколько о специальных задачах телеизмерения.

2.431. *Измерение на борту.* Если величина, которую нужно измерить, определяется непосредственно на борту телеуправляемого объекта, то необходимо установить на борту объекта дополнительный датчик измеряемой величины и передатчик, а в пункте управления или каком-нибудь третьем месте — соответствующий приемник с индикаторными или регистрирующими приспособлениями. Метод, который позволяет осуществить одновременную передачу многих данных, заключается, например, в том, чтобы передавать на пункт управления телевизионное изображение соответствующих бортовых приборов, где оно может записываться на кинопленку. Имеются и другие методы [109, 110].

Если показания бортовых приборов используются для того, чтобы обратной передачей (по методу телекоманд, см. 2.31 и 2.62) вызвать изменения в режиме полета и работе агрегатов, то мы снова имеем дело с задачей телеуправления, называемого „телевождением" [54]. При этом также возможна автоматизация процессов с помощью соединения индикаторной аппаратуры с аппаратурой телеуправления. В этом случае возможна работа при „коротком замыкании" (2.412.4), то есть минуя пункт управления. Показание преобразуется в сигнал управления в разомкнутой или замкнутой системе регулирования той или иной величины на борту объекта. В качестве

примера можно указать на регулирование тяги двигателя от датчика скоростного напора при автоматической посадке самолетов (см. 3.6) и на команду о прекращении работы двигателя у Фау-2 от датчика скорости (интегратора ускорений, см. 3.522).

2.432. *Измерение из других пунктов.* Другая возможность состоит в измерении величины прямо на пункте управления или в каком-либо ином месте. В качестве примера можно указать на измерение скорости летящего объекта, проводимое с использованием эффекта Допплера у дальних и высотных ракет. Об этом кратко сообщается в разделе 3.522 (рис. 78) и в другой литературе [11, 26.3, 71, 72, 73, 108].

2.5. МЕТОД САМОНАВЕДЕНИЯ

2.51. Основные положения

Принцип автоматического самонаведения был определен в разделе 2.13 следующим образом: управляемый объект имеет особое устройство (головка самонаведения)[1], позволяющее ему определить собственное положение относительно цели или относительно других пунктов, которые должны определять траекторию объекта. Управляющие сигналы возникают вследствие отклонения направления движения объекта (или его оси в пространстве) от направления, задаваемого координатором цели.

Так как при этом методе речь идет о комбинации задач управления и определения координат, то самонаведение было упомянуто также в качестве средства определения координат (см. 2.412.4 и 2.254).

2.511. *Принципиальная схема.* Из приведенных выше соображений вытекает принципиальная схема, изображенная на рис. 33. Содержащийся в ней координатор — „аппарат самонаведения" — должен определить положение управляемого объекта (или только направление его продольной оси или же касательной к траектории) относительно направления объект—цель и преобразовать отклонение в управляющий сигнал для того, чтобы с

[1] Головка самонаведения включает координатор цели и ряд дополнительных устройств. — *Прим. ред.*

помощью исполнительного устройства воздействовать на орган управления.

Определение на объекте относительных координат может осуществляться с помощью автоматической пеленгации, для осуществления которой имеются устройства различных типов [1, 15, 17]. Наиболее распространенным методом является дифференциальный метод пеленгации, принципиальная схема которого изображена на рис. 35.

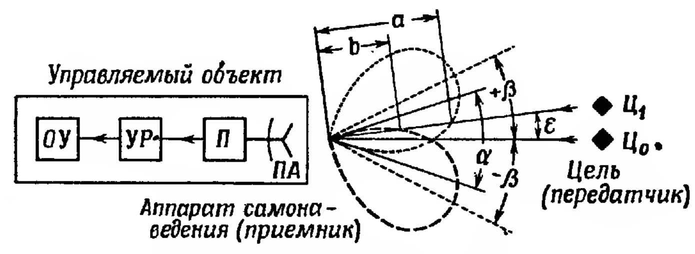


Рис. 35. Система самонаведения с дифференциальным методом пеленгации цели.

Лепестковая диаграмма направленности приемной антенны $П$ периодически поворачивается (переключается) на угол $\pm\beta$. Для положения цели (передатчика) $Ц_1$ на выходе приемника самонаведения $П$ появляется напряжение, величина которого зависит от разности углов ε. Это разностное напряжение становится равным нулю при ε, то есть при положении цели в пункте $Ц_1$ или в плоскости симметрии колебаний диаграммы[1].

Наиболее известным применением подобного устройства является ориентирование самолета в полете на любую известную радиостанцию. На выходе направленного приемника расположен прибор, показания которого являются мерой отклонения курса самолета (или линии упреждения) от направления на цель (передатчик).

[1] Следует отметить различие между этим методом наведения на цель и методом равносигнальной зоны (2.31, рис. 26). В последнем случае направление в пространстве задается в пункте управления (передатчик направленного излучения, круговой прием); при автоматическом самонаведении, напротив, это направление устанавливается в телеуправляемом объекте (круговая или направленная передача, направленный прием).

2.512. *Регулирование.* Имеются два способа регулирования:

2.512.1. Для одной плоскости. Упомянутый прибор-указатель на корабле или самолете устанавливается в поле зрения штурмана или пилота, которые и преобразуют отклонение в команду управления. Для автоматического наведения на цель в одной плоскости нужно снимаемый с выхода приемника управляющий сигнал преобразовать в перемещение органа управления. Необходимое для этого устройство регулирования (*УР*) (рис. 33 и 35) может быть выполнено точно так же, как при управлении по радиолучу (2.323).

2.512.2. Для двух плоскостей. При движении управляемого объекта к воздушной или наземной точечной цели требуется обеспечить определение координат и управление в двух плоскостях (1.412). Для этого существуют следующие возможности:

2.512.21. Повторение системы со сдвигом плоскости диаграммы на 90°.

2.512.22. Применение вращающейся диаграммы направленности приемника. В качестве приборов-указателей для неавтоматического управления полетом могут быть применены:

а) два прибора-указателя, по одному на каждую плоскость;

б) электроннолучевая трубка с экраном в качестве указателя[1]. Для автоматически управляемого полета на цель — собственно самонаведения — необходимо создать соответственно два устройства регулирования. При раздельной для обеих плоскостей пеленгации (2.512.21) устройство регулирования повторяется для другой плоскости, согласно 2.512.4. При вращающейся системе пеленгации (2.512.22) управляющее напряжение с приемника снимается, например, коммутатором, вращающимся синхронно с диаграммой, и вводится с соответствующей фазой (0/180°, 90/270°) в устройство регулирования бортовой системы управления (см., например, рис. 63).

[1] Некоторые пассивные установки этого типа приводятся в табл. 9 и 12. Немецкие активные установки полета на цель были преимущественно системами с модулирующими устройствами.

Выполненные или проектировавшиеся установки самонаведения обобщены в табл. 12 (3.34) и описаны в 3.513. Теперь следует кратко рассмотреть общие положения, имеющие значение для конструирования и установки устройств самонаведения. Вначале нужно выяснить некоторые понятия, связанные с действием установок самонаведения.

2.52. Основные понятия

Линия визирования — направление нейтральной оси установки самонаведения.

Дальность захвата (радиус действия) — расстояние между установкой самонаведения и целью, при котором установка самонаведения работает надежно, то есть выдает достаточной силы управляющие сигналы.

Угол охвата[1] — угол относительно оси установки самонаведения (линии визирования), в котором должна находиться цель, чтобы работа установки самонаведения была обеспечена ($\varepsilon<\alpha$, рис. 35; лучше давать $\pm\alpha/2$).

Угол установки — угол между осью установки самонаведения (линией визирования) и осью самонаводящегося объекта (σ, рис. 36).

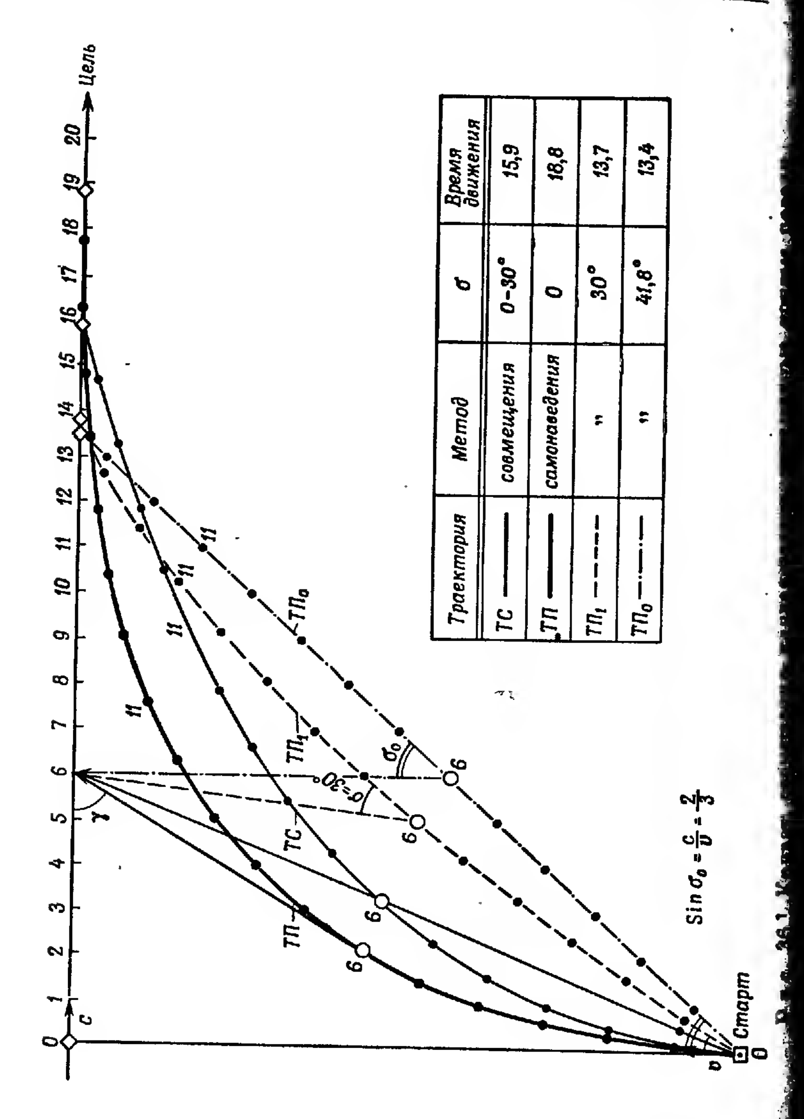
Угол поиска — угол, в пределах которого пространство „просматривается" установкой самонаведения.

Угол цели (угол отклонения от цели) — угол между линией визирования и направлением на цель ($<\varepsilon$, рис. 35).

Угол наклона траектории — угол между касательными к траекториям телеуправляемого объекта и движущейся цели (γ, рис. 36).

Выходная величина — электрическая или механическая величина, которая появляется на выходе установки самонаведения как мера отклонения от цели. Она используется в бортовой системе управления для наведения на цель.

[1] Эта величина называется также углом зрения. — *Прим. ред.*



Траектория	Метод	σ	Время движения
ТС ———	совмещения	0–30°	15,9
ТП ———	самонаведения	0	18,8
$ТП_1$ - - - - -	"	30°	13,7
$ТП_0$ —·—·—	"	41,8°	13,4

Точность установления — точность (угловое отклонение), с которой ось следящей установки самонаведения ориентируется на цель.

Чувствительность — наименьший угол, при котором выходная величина еще достаточна, чтобы установка самонаведения следила за целью.

Скорость слежения — угловая скорость *рад/сек*, с которой установка самонаведения сопровождает цель.

Точность управления, Скорость управления — являются соответствующими понятиями для наведения телеуправляемого объекта в целом.

Частота переключения — величина, обратная периоду колебаний диаграммы направленности (2.511).

2.53. Траектории

Некоторые основные соображения по этому вопросу уже были изложены в 2.413. Для уточнения указанных там положений применительно к установке устройств самонаведения (или целеуказания) на борту объекта следует рассмотреть рис. 36. На графике показан частный случай движения, изображенного на рис. 34, при следующих допущениях[1]:

цель движется прямолинейно с постоянной скоростью C;

место старта совпадает с пунктом наблюдения (точка O);

старт происходит в тот момент времени, когда цель проходит на наименьшем расстоянии от места старта (время O);

управляемый объект движется со старта с постоянной скоростью $V = 3/2C$ (как и на рис. 34).

Обе кривые *ТС* (траектория совмещения) и *ТП* (траектория преследования) соответствуют представленным на рис. 34 траектории *1* для метода совмещения и траектории *2* для метода целеуказания или самонаведения с углом установки $\sigma = 0$. Здесь также хорошо выражены указанные в 2.413 различия между ними.

Если теперь установку самонаведения расположить так, чтобы ее линия визирования не совпадала с про-

[1] Следует подчеркнуть, что приведенные кривые являются так называемыми кинематическими траекториями, соответствующими идеально точному выполнению связей, накладываемых на вектор скорости объекта. — *Прим. ред.*

дольной осью управляемого объекта, а образовывала с ней постоянный „угол установки", например $\sigma = 30°$, то получится „искаженная кривая погони" $ТП_1$. Причем оказывается, что она имеет не только меньшую длину и меньшую кривизну траектории, чем кривая погони $ТП$ с $\sigma = 0$, но протекает еще благоприятнее, чем кривая совмещения $ТС$. В граничном случае $\sigma = \sigma_0 = \arcsin \frac{c}{v}$, искаженная кривая погони превращается в прямую $ТП_0$, которая при принятых условиях старта и скоростях полета дает наименьшее время движения или, иначе говоря, — наибольшую дальность действия. Угол σ_0 соответствует при этом „углу упреждения" при стрельбе неуправляемыми снарядами при постоянной скорости.

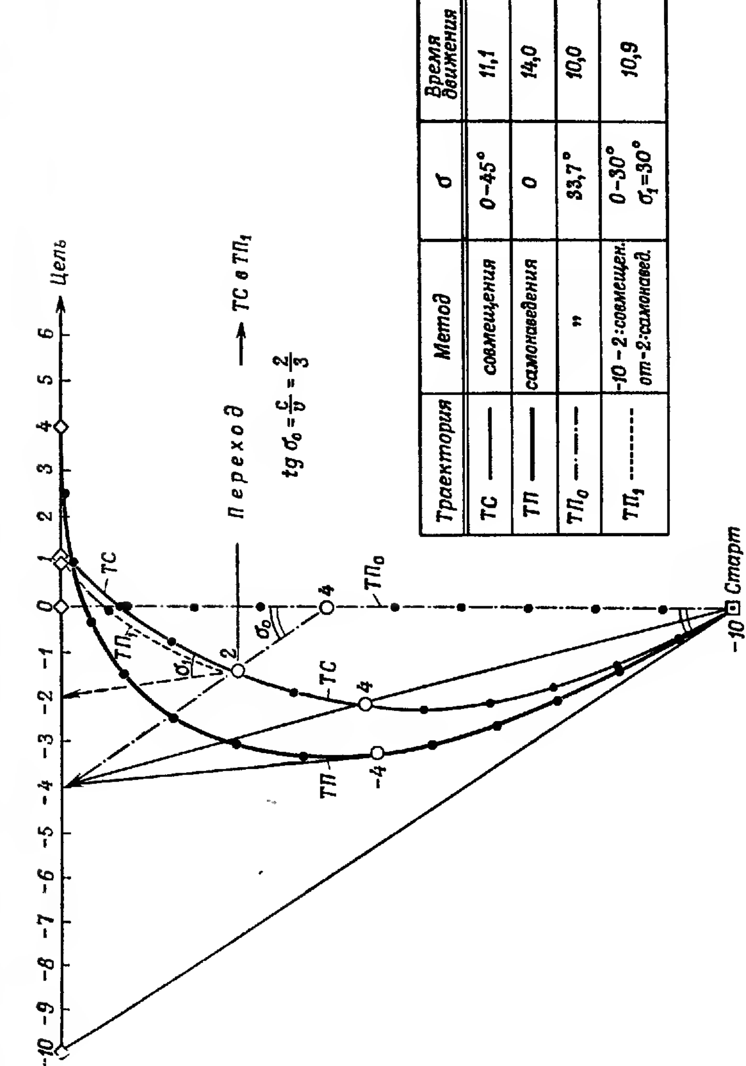
Время движения по траектории $ТП_0$ (рис. 36), равное 13,4 единиц времени, можно сократить еще больше, если не выжидать со стартом до тех пор, пока цель достигает точки O, а произвести его раньше. На рис. 37 показаны соответствующие кривые для момента старта „-10" при наведении по методу совмещения и методу самонаведения.

При рассмотрении рис. 37 становится ясным, что обе кривые, $ТС$ и $ТП$ (для $\sigma = 0$), хотя и показывают меньшее время сближения, чем на рис. 36, зато обладают большей кривизной. Здесь также можно добиться спрямления траектории, выбирая соответствующим образом угол установки. В граничном случае также получается прямая $ТП_0$. Если момент старта, как изображено на рис. 37, выбран так, что точка попадания для случая прямолинейного движения объекта лежит в точке O траектории цели (время движения в 10 единиц равно $\frac{ТП_0}{\gamma}$, $\gamma = 90°$), то для $ТП_0$ существует соотношение: $\sigma_0 = \operatorname{arc\,tg} \frac{c}{v}$.

2.54. Наведение

Переход от этих соображений к практическому наведению самонаводящихся объектов является относительно простым, если принять, что:

1) дальность захвата установки самонаведения настолько велика, что цель уже с момента старта „захва-



Траектория	Метод	σ	Время движения
ТС ———	совмещения	0–45°	11,1
ТП ———	самонаведения	0	14,0
$ТП_0$ —·—·—	"	33,7°	10,0
$ТП_1$ --------	-10 – 2: совмещен. от -2: самонавед.	0–30° σ_1=30°	10,9

Рис. 37. Кривая совмещения и кривая преследования с вынесенным вперед моментом старта.

чена" установкой самонаведения и в последующем все время удерживается в ее „поле зрения";

2) направление и скорость движения цели не отклоняются существенно от значений, зафиксированных при старте управляемого объекта.

В этом случае можно обойтись системой, при которой угол σ заранее устанавливается в соответствии с допустимой кривизной траектории наводящегося объекта. Старт происходит в момент пересечения целью линии визирования установки самонаведения, которая в свою очередь через систему регулирования воздействует на органы управления. Если это происходит в случае $\sigma = \sigma_0$, то есть в случае прямолинейной траектории движения объекта, то такой процесс соответствует нормальному процессу прицеливания с упреждением, причем установка самонаведения должна вносить лишь небольшие коррективы в траекторию объекта. Выполнение названных условий зависит от соответствующей постановки задачи. Так, например, второе условие выполняется, когда речь идет о наведении на неподвижную цель (например, неподвижный радиопередатчик, световой маяк, неподвижная наземная цель). Оно почти выполняется, когда скорость управляемого объекта значительно больше скорости цели.

Если в этих случаях первое условие не выполнено, то управляемый объект прежде всего должен так близко подойти к цели, управляясь автономно (или не управляясь), чтобы цель оказалась в сфере дальности действия установки самонаведения. Однако прежде чем установка самонаведения может взять на себя автоматическое управление объектом, нужно обеспечить „захват" цели. Связь между выходом установки самонаведения и органами управления (регулирования) может быть осуществлена только в том случае, когда выдаваемые установкой самонаведения выходные величины являются вполне определенными[1]. Чтобы это гарантировать, применяют следующие методы. После первого захвата цели установка самонаведения сама в первый момент управляется таким образом, что ее линия визирования сопровождает цель. Когда затем заранее приданный угол установки оказывается пройденным, реле осуществляет переключение от сопровождения цели головкой самонаведения на сопровождение ее всем телеуправляемым объектом. Это выгодно в том отношении, что автоматический переход от первоначальной траектории к искаженной кривой погони происходит тогда, когда продольная ось управляемого объекта имеет „правильное" направление и сам переход не сопровождается большими угловыми ускорениями. Применение этого метода возможно также и в том случае, когда не выполнены оба вышеупомянутых условия. Необходимо только позаботиться о том, чтобы:

[1] Точнее говоря, передача управления головке самонаведения должна осуществляться тогда, когда отношение полезного сигнала на выходе головки к уровню помех превышает определенное значение. — *Прим. ред.*

а) управляемый объект уже во время сближения с целью, лежащей вне сферы дальности действия головки самонаведения, реагировал на отклонение цели от определенной перед стартом и экстраполированной траектории;

б) угол захвата установки самонаведения был настолько большим, чтобы по достижении дальности действия установки самонаведения цель сразу же была бы захвачена".

Решение для „а" состоит в том, что объект от момента старта до момента сближения с целью т е л е у п р а в л я е т с я, что может осуществляться, например, по методу совмещения (2.412). На рис. 37 изображен такой переход от траектории совмещения *ТС* к траектории самонаведения $ТП_1$ при достижении угла, равного углу установки ($\sigma = 30°$). На графике видно, что отклонения траектории $ТП_1$ от последнего участка траектории *ТС* являются очень малыми, то есть при таком переходе появляются лишь небольшие дополнительные ускорения.

Предпосылкой для осуществления этого метода является захват цели установкой самонаведения уже перед прохождением точки, соответствующей значению σ_1 (см. „б"). У всех практически осуществленных установок самонаведения (3.513) угол захвата α столь мал, что условие „б" просто не может быть выполнено. Чтобы увеличить эффективный угол захвата, можно периодически изменять угол установки σ таким образом, чтобы установкой самонаведения „просматривалось" большее

пространство в направлении цели („угол поиска", см. 2.52; в одной плоскости — колебания; в пространстве — вращение головки самонаведения). После захвата цели срабатывает специальное реле, и линия визирования установки самонаведения следует за целью, то есть, как указывалось ранее, головка самонаведения следит за целью до тех пор, пока не будет достигнут заданный угол. Но, вместо того чтобы головку самонаведения останавливать в этом положении и создавать таким образом „жесткую" головку самонаведения, часто бывает целесообразно также и во время автоматического наведения объекта на цель оставлять головку подвижной. При этом она может с высокой скоростью следить за целью, в то время как ось управляемого объекта, обладающего большой инерцией, имеет возможность со своей стороны следить за линией визирования головки самонаведения. Этим обеспечивается то, что цель „не ускользает" из сферы захвата установки самонаведения[1].

О техническом выполнении устройств регулирования основное уже было сказано (2.512). Если принята схема, по которой сопровождение цели осуществляется вначале следящей головкой самонаведения, то вместо органов управления объектом выступают двигатели поворота головки. Особенности конструкции зависят в первую очередь от вида выходной величины установки самонаведения. Здесь, как и при автономном управлении или телеуправлении, также возможно применение управления по принципу „да—нет" или непрерывного управления. Наилучший эффект достигается в системах, где выходная величина пропорциональна отклонению от цели[2]. Регулирование тогда может производиться по замкнутой (следящие системы) или разомкнутой схеме (2.312.1). Для наведения самого управляемого объекта сигналы могут выдаваться, например, потенциометрами. С одного потенциометра снимается напряжение, пропорциональное текущему значению угла σ, а на другом потенциометре устанавливается заданное значение σ_1. При управлении вокруг двух осей имеются две такие системы, они смещены на 90° друг относительно друга.

[1] Существуют также формы применения, при которых автоматически наводится только головка самонаведения, а сам движущийся объект, на котором она установлена, от нее не управляется. В качестве примера можно упомянуть направленный на солнце оптический измерительный прибор (например, спектрограф), устанавливаемый на высотной ракете, применяемой в целях исследования.

[2] Вопреки утверждению автора нелинейные, и в частности релейные, системы в ряде случаев обеспечивают лучшее качество управления, чем системы пропорционального действия. — *Прим. ред.*

Если вместо системы регулирования между определением координат и выдачей команд управления выступает человек — метод целеуказания (2.412.3), — то имеются различные возможности для установки координаторов цели. При этом различают в основном следующие виды установки на летающих объектах:

а) неподвижная на борту;
б) постоянная по набегающему потоку;
в) постоянная по направлению;
г) поворачивающаяся (следящая).

Виды „в" и „г" дают в общем наименьшие ошибки попадания. Возникают они, не считая неточности управления, вследствие того, что по достижении известной кривизны траектории преследования телеуправляемый объект как бы выключается из управления; он летит тогда по окружности, соответствующей наименьшему допустимому радиусу кривизны $r_{\min}$ (последний равен, например, 750 *м* при скорости полета $v = 200$ *м/сек* и центростремительном ускорении $b_r = 5{,}4\,g$). Величина ошибки попадания зависит, кроме того, от угла траектории, соотношения скоростей $\frac{v}{c}$, а также от маневра цели[1].

Немецкие авиационные исследовательские институты провели по этим вопросам многочисленные исследования, результаты которых зафиксированы в отчетах различных институтов. Некоторые из них приведены в списке литературы [32—42] и в 3.512 и 3.513.

[1] Фактором, оказывающим решающее влияние на точность попадания, является динамика процессов самонаведения, зависящая от многих величин, помимо перечисленных. — *Прим. ред.*

2.55. Виды энергии

При объяснении принципа метода самонаведения (2.511, рис. 35) мы исходили из пассивного определения координат с помощью радиопеленга, при котором цель излучает высокочастотную электромагнитную энергию. Но можно использовать и другие виды энергии, если они проявляют себя в пространственном поле.

Как известно, различают стационарные (ближние) поля и поля излучения (дальние). В принципе для определения координат в самонаведении применимы все поля, однако сразу нужно заметить, что применявшиеся до сих пор на практике методы в основном базировались на использовании полей излучения. Здесь нужно дать обзор и тех и других полей.

2.551. *Стационарные поля.* К ним относятся векторные и скалярные поля.

2.551.1. Векторные поля. К ним, в свою очередь, относятся:

2.551.11. Электрические

2.551.12. Магнитные

2.551.13. Поле земного тяготения.

Общим для всех этих полей является то, что напряжённость поля с увеличением расстояния от места его возникновения уменьшается независимо от того, идет ли речь о потенциальном или вихревом поле и от направления силовых линий в данном месте. Если удастся установить в пространстве направление наибольшего изменения силы поля, то оно ведет к источнику, создающему поле. Практически дело сводится к тому, что управляемый объект должен двигаться в потенциальном поле (электростатическое поле и поле земного тяготения) в направлении вектора поля, а в вихревом поле — по нормали к вектору поля. Что касается гравитационного поля (поле силы тяжести), то каждое падающее на землю тело является „самонаводящимся". Возможности технического использования сил притяжения других небесных тел на ближайшее время, по-видимому, перспективы не имеют. Но в астронавтике этот момент играет важную роль, поскольку здесь не требуется особого устройства самонаведения. В электрическом и магнитных полях, напротив, силы

притяжения столь малы, что практически не способны оказать прямого воздействия на управляемый объект. Для использования этих полей нужны высокочувствительные приборы, но до настоящего времени еще не найдено практического решения вопроса.

2.551.2. Скалярные поля. Принципиально к скалярным полям (например, температура, плотность) можно применить предыдущие рассуждения: если скалярная величина потенциала в данной точке есть φ, то поле можно тоже представить вектором $\mathbf{F} = \operatorname{grad} \varphi$, который может рассматриваться как вектор потенциального поля.

В качестве примера практического использования такого поля следует упомянуть о попытке преследовать самолет по „следу". При этом снаряды или зенитные ракеты оборудовались установками самонаведения, которые реагируют на содержание водяных паров (полоса конденсации), на содержание CO или на ионизацию выхлопных газов. Насколько автору известно, все эти попытки не дали удовлетворительных результатов, так как получаемые эффекты слишком слабы, чтобы их можно было достаточно быстро использовать бортовыми приборами.

2.552. *Поля излучения.* Здесь имеются в виду в основном те же типы излучения, которые были перечислены в разделе 2.331 для передачи команд телеуправления. Речь идет об электромагнитном и механическом (акустическом) типах излучения.

2.552.1. Электромагнитное излучение. Оно подразделяется следующим образом:

2.552.11. Высокочастотное (радио) излучение в диапазоне частот примерно от 10^5 до 10^{11} *гц* ($\lambda = 3$ *км*—3 *мм*); в основном применяется область частот в пределах примерно $3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^{10}$ *гц* ($\lambda = 10$ *м*—1 *см*).

2.552.12. Тепловое (инфракрасное) излучение в диапазоне частот примерно от 10^{12} до $3 \cdot 10^{14}$ *гц* ($\lambda = 0{,}3$ *мм*—1 *мк*); поскольку при приеме этого излучения применяются фотоэлементы, область частот, используемых в настоящее время, ограничена частотами свыше $0{,}85 \cdot 10^{14}$ *гц* $\lambda = 3{,}5$ *мк*) [48].

2.552.13. Свет примерно $3 \cdot 10^{14} - 7{,}5 \cdot 10^{14}$ *гц* ($\lambda = 1 \ldots 0{,}4$ *мк*).

2.552.2. Механическое (акустическое) излучение:

2.552.21. Звуковое, $16—16 \cdot 10^3$ *гц*; практически применяется в основном область частот примерно от 50 *гц* до 1 *кгц* в воздухе.

2.555.22. Ультразвуковое, примерно от $2 \cdot 10^4$ *гц* до нескольких мегагерц; применяется под водой.

В табл. 7 (2.33) эти области частот помещаются в графах 12—15.

В принципе можно было бы так же, как и в случае стационарных полей, определять изменение интенсивности поля излучения и использовать этот эффект для самонаведения. Значительно проще, однако, определять направление луча, то есть делать то, что в оптике называют визированием, а в радиотехнике—пеленгацией. Всякий автоматический пеленгатор в принципе применим в качестве установки самонаведения.

2.56. Местонахождение источника энергии

Возможные методы телеуправления уже были перечислены (2.412.4, рис. 27).

2.561. *Пассивный метод.* Если цель создает поле излучения, которое на необходимом для осуществления самонаведения расстоянии обладает достаточной мощностью, то установка самонаведения состоит лишь из направленного приемника, то есть устройства, которое реагирует на поле и позволяет определить направление вектора поля (2.521) или направление излучения (2.252). Сюда же можно отнести наведение на источники света, источники теплового излучения или шумов, а также на радиопередатчики всех типов. Задача решается совсем просто, если источник энергии служит специально целям наведения. В этом случае связь с целью или объектом для определения их координат (см. рис. 27) может быть осуществлена наиболее эффективно путем выбора соответствующей частоты, модуляции, диаграммы излучения и т. д. (пример 3.6). Для самонаводящихся боевых средств поражения эта возможность отпадает, и нужно искать пути использования энергии, излучаемой самой целью (противником). Примеры: шум винтов кораблей, тепловое

излучение промышленных сооружений, радиопередатчики противника и т. д.

2.562. *Активный метод.* Если цель не создает поля, которое можно было бы использовать, то ее можно облучать с управляемого объекта. При этом определение координат цели для самонаведения осуществляется по пеленгу отраженных лучей. Необходимым условием для этого является то, что цель по своим способностям отражения лучей должна резко отличаться от окружающей среды. Применимые при этом виды энергии в принципе являются теми же, что и при пассивном методе. При использовании стационарных полей (2.551) также принципиально возможно активное самонаведение, причем вместо отражения лучей будет иметь место возмущение поля, которое поддается измерению для электростатических полей, например, емкостными методами. Примеры активных излучающих устройств: бортовые радиолокационные станции, инфракрасные прожекторы, устройства для определения координат под водой с помощью ультразвука.

Если источники энергии для облучения цели находятся не на борту управляемого объекта, а в каком-то другом месте, то говорят о полуактивном методе.

2.563. *Полуактивный метод.* „Передатчик" при использовании данного метода будет относительно сложным, громоздким и тяжелым. Если же передатчик устанавливается на борту, он подчиняется всегда общим для бортовых устройств ограничивающим требованиям относительно размеров, веса, потребления энергии и т. д. В то же время при установке передатчика в другом месте необходима большая энергия излучения, так как удаление места расположения источника энергии до цели практически всегда больше, чем расстояние до нее от управляемого объекта. Вследствие этого более высок также относительный уровень помех, так как сила поля в месте нахождения цели в течение времени наведения остается сравнительно небольшой, в то время как при чисто активном методе сила поля при сближении с целью возрастает. К этому вообще добавляется еще необходимость сопровождать цель направленным излучателем (например, радиолокатором и прожектором), что осуществимо только

до тех пор, пока представляется возможным пеленговать цель из пункта расположения источника излучения. Из высказанных соображений становится понятным, что полуактивный метод может применяться только в особых случаях[1].

Особый случай полуактивного метода представляет собой применение установок самонаведения дневного света, в которых источником энергии для естественного освещения цели является солнце. На практике подобные установки самонаведения (как и целеуказания, например телевизионные устройства) относят к числу пассивных.

2.564. *Косвенный метод.* Кроме рассмотренных нами методов, возможны еще некоторые особые варианты применения.

2.564.1. Релейные передатчики. Если „цель" специально оборудуется для привода самонаводящихся объектов, то это оборудование может состоять из источника энергии (передатчика), расположенного на „цели" и излучающего только на „опрос". Сигнал на срабатывание может посылаться непосредственно с самого объекта или из другого места. Примеры: дистанционно включаемые световые ориентиры или радиомаяки.

2.564.2. Специально помещаемые передатчики. Если нужно наводить на цель, которая сама не излучает, и в то же время ее поиск по активному методу невозможен, то можно в некоторых случаях сначала снабдить цель источником излучения, а затем пеленгировать его с помощью установки самонаведения. Примеры: аварийный морской передатчик, агентурный передатчик.

2.57. Область применения

Комбинации из перечисленных видов (2.55) и местонахождений (2.56) источников энергии дают множество теоретических возможностей, которые, однако, далеко не все могут быть реализованы. Уже указывалось, что методы,

[1] В настоящее время полуактивный метод широко применяется, причем в качестве „передатчиков" используются станции перехвата и стрельбы истребителей, наземные станции углового сопровождения и др. — *Прим. ред.*

основанные на применении стационарных полей (2.551), до настоящего времени не дали практических результатов. Причиной этого является то, что дальность захвата (2.52) технически осуществимых устройств составляет большей частью лишь несколько метров. Такого порядка величины практически не представляют интереса для целей самонаведения, но вполне применимы для автоматических взрывателей и т. п. (2.62).

Устройства самонаведения, основанные на использовании полей излучения (2.552), имеют весьма различные области применения. Практически достигаемые дальности захвата простираются от нескольких сот метров (акустические) до сотен километров (пассивные радиопеленгаторы). Величина угла захвата в большой степени зависит от специфики применяемых устройств; если у высокочастотных устройств он может составлять 10°—30°, то оптические устройства имеют углы захвата в несколько градусов.

Независимо от этих различий, обусловленных техническими параметрами отдельных устройств, существуют ограничения возможностей применения вследствие характера распространения излучения того или иного вида энергии. Влияние среды, в которой происходит распространение, влияние условий освещенности и погоды на возможности применения установок самонаведения схематически обобщено в табл. 8.

Из табл. 8 видно, что установки, работающие на высокой частоте, являются самыми универсальными. Этот факт приобретает еще большее значение в связи с тем, что достигаемые у этих установок дальности и углы захвата являются, пожалуй, наибольшими из всех известных методов. Недостатком их являются относительно высокие затраты, особенно в отношении активных установок самонаведения.

У акустических приборов существенное значение имеет тот недостаток, что звук обладает малой скоростью распространения, особенно в атмосфере. Кроме того, создаваемые управляемым объектом звуковые помехи (например, шум двигателя и шумы обтекания) устраняются с большим трудом, а часто этого и вовсе нельзя добиться (см. 3.513.3).

Таблица 8

ОВЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК САМОНАВЕДЕНИЯ

Вид энергии	Наиболее важный диапазон		Возможности применения					
			в атмосфере					
	частота, *гц*	длина волны	ночью	днем	в тумане	в дождь и снег	под водой	в межпланетном пространстве
Высокочастотное излучение	(30—30000) · 10^6	10 *м*—1 *см*	+	+	+	+	—	+
Инфракрасное излучение	(30—300)10^{12}	10—1 *мк*	(П)	+	+	—	—	+
Свет	(300—750)10^{12}	1—0,4 *мк*	(П)	+	—	—	—	+
Звук	50—около 1000	6—0,3 *м*	П	П	П	П	+	—
Ультразвук	15—50 · 10^3	10—3 *см*	+	+	+	—	+	—

Примечание. П — пассивный метод; + активный или пассивный метод; — неприменим; ( ) применим ограниченно.

Во время второй мировой войны развивались установки всех указанных категорий. Они подробно рассмотрены в 3.34 и 3.513.

2.6. ИСПОЛНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМАНД

В предыдущих параграфах неоднократно шла речь о возбуждении отдельных процессов, связанных с переходом от одного состояния движения к другому, например от телеуправления к самонаведению (2.14, 2.54), от полета с работающим двигателем к дальнейшему полету с выключенным двигателем (2.311, 2.43) и т. д.

К этому случаю относится также возбуждение процессов, которые должны возникнуть при достижении телеуправляемым объектом своей цели (или при промахе), в первую очередь возбуждение процессов в о с п л а м е н е н и я взрывчатого вещества на телеуправляемых или

автономно управляемых и неуправляемых носителях заряда (1.22).

Последняя задача обусловлена прежде всего тем фактом, что даже наиболее совершенные системы управления не позволяют поднять точность попадания выше известных границ, особенно при наведении на быстродвижущиеся точечные цели (1.342.2).

Хотя в данном случае речь идет не о непосредственных задачах телеуправления, все же здесь коротко излагается постановка проблемы и возможные принципиальные решения. Это делается в силу вышеназванной связи, а также потому, что техника такого рода „исполнения специальных команд на расстоянии" имеет много общего с техникой телеуправления.

2.61. Виды исполнения специальных команд

По аналогии с рассмотренными в разделе 2.1 видами управления можно принципиально различать:

2.611. *Исполнение специальных команд без воздействия извне.*

2.611.1. По предварительной и неизменной в последующем установке (по „программе"), например дистанционный временной взрыватель.

2.611.2. В зависимости от параметров движения или от величин, определяемых на борту движущегося объекта, например с помощью счетчиков пути (выключение двигателя Фау-2, см. 3.522).

2.612. *Исполнение специальных телекоманд.* Для осуществления метода исполнения специальных команд на р а с с т о я н и и пригоден описанный в разделе 2.311 метод отдельных команд. Для функционирования систем (см. рис. 10,*а* 11, 12) не имеет значения предназначена ли команда для перестановки управляющих органов или для возбуждения других процессов. Поэтому могут применяться и все приведенные в 2.33 линии передачи команд. Вообще говоря, для передачи специальных команд будут использовать примерно те же устройства, что и для телеуправления.

Примеры: телевоспламенение заряда планирующих бомб в момент пролета над целью; укрытие дымовой

завесой носителя взрывчатого вещества В-4 с помощью команды по радиоканалу (3.511.11, 3.514.1, 3.526.12).

2.613. *Автоматическое исполнение специальных команд.* Команда на возбуждение желаемого процесса определяется положением движущегося объекта относительно „цели". Этот случай является наиболее важным видом исполнения специальных команд, особенно если иметь в виду воспламенение взрывчатого вещества на носителях заряда. При этом обычно требуется специальная аппаратура. Эта аппаратура, не совсем точно называемая „телевзрывателем", и соответствующие методы должны быть рассмотрены несколько подробнее в последующих разделах.

2.62. Методы автоматического исполнения специальных команд

2.621. *Основные положения.* Принцип работы аппаратуры автоматического исполнения специальных команд наиболее доходчиво можно объяснить путем сравнения с приборами самонаведения: в то время как последние имеют своей задачей создание команд управления (с последующей передачей на управляющие органы) в зависимости от углового положения объекта относительно цели („отклонение цели", 2.52), первые должны выдавать команду, пройдя определенное расстояние между движущимся объектом и целью. Отсюда термин дистанционный взрыватель.

Так как в данном случае речь идет о приближении движущегося объекта к цели, то применяют также термин взрыватель приближения. Оба термина в немецком языке до сих пор, насколько это известно автору, применяются без строгого разграничения их смысла [1, 15, 25, 45.1, 46—49][1].

Но так как в этой связи можно выделить два отличных друг от друга принципа действия (и две различные постановки задачи), то автор предлагает в целях унификации терминологии следующую классификацию:

2.621.1. Дистанционные взрыватели. К ним относятся взрыватели, которые воспламеняют заряд при достижении предварительно заданного расстояния (или расстояния, обусловленного чувствительностью срабатывания прибора, см. 2.631).

[1] В английской и американской литературе употребляется только один термин: Proximity fuse.

2.621.2. Взрыватели приближения. К ним относятся взрыватели, которые срабатывают в момент прохождения объекта на минимальном расстоянии от цели (или наоборот) (2.632)[1].

2.622. *Формы энергии.* Для функционирования автоматических взрывателей, как и для приборов самонаведения, необходимо поле, создаваемое непосредственно или косвенно целью. Однако вместо определения угловых положений цели (пеленгации) в данном случае применяется определение расстояний, при этом в принципе пригодны те же формы энергии, что и для целей самонаведения. Перечисление их будет излишним, так как в основу может быть положена систематика, приведенная в разделе 2.55. См. также табл. 7, графы 16—19.

Однако для срабатывания автоматических взрывателей практически использовать статические поля (2.551) можно более простыми способами, так как в данном случае речь идет о значительно меньших расстояниях и, следовательно, о больших „силах поля", чем для приборов самонаведения.

2.623. *Местоположение источника энергии.* Здесь также справедливы выводы, сделанные в разделе 2.56 для приборов самонаведения; следовательно, можно различать взрыватели, работающие по активному и пассивному методам.

2.63. Автоматические взрыватели[2]

2.631. *Дистанционные взрыватели.* Если обратиться к рассмотрению полей в разделах 2.55 и 2.622, то можно

[1] Оба указанных типа взрывателей в нашей литературе объединяются под названием „неконтактные взрыватели". Термин „дистанционный взрыватель" в отечественной литературе относится к взрывателям, срабатывающим по истечении определенного времени, то есть пройдя определенную дистанцию после старта снаряда. — *Прим. ред.*

[2] Термин „взрыватель" применяется наиболее часто. Конечно, могут возбуждаться и другие процессы (см. вводные замечания к разделу 2.6).

заметить, что достижению определенного заранее заданного расстояния между движущимся объектом и целью соответствует достижение определенной силы поля в точке измерения („приемник”), находящейся на движущемся объекте.

В качестве примера можно упомянуть о пассивном акустическом дистанционном взрывателе „Майзе”, который срабатывает при достижении определенного давления звуковых волн на микрофон (он применялся в ракете Х-4, см. 3.514.23 и 3.524.1).

Вместо непосредственного измерения интенсивности поля можно использовать влияние возмущения поля.

Такой метод применяется, например, у конденсаторных дистанционных взрывателей: срабатывание в этом случае происходит, если в активное электростатическое поле помещается тело с высокой проводимостью (или диэлектрической постоянной), благодаря чему изменяется емкость между двумя обкладками конденсатора (например, между корпусом снаряда и штырем). У этих и многих других приборов предварительной установки точного расстояния срабатывание происходит по достижении минимально воспринимаемого изменения емкости.

Можно вместо силы поля использовать потенциал поля. Пример: срабатывание взрывателя на заранее установленной барометрической высоте[1] (скалярное поле плотности, 2.551.2).

Наконец, для определения расстояния до цели при наличии полей излучения может быть использовано время пробега луча между движущимся объектом и целью и обратно. В качестве примера упомянем о возможности применения электрического измерителя малых высот, работающего на принципе пилообразной частотной модуляции [1] (3.514.21).

2.632. *Взрыватели приближения.* Согласно сказанному в 2.621, под этим понимаются автоматические взрыватели, срабатывание которых происходит в момент, когда движущийся объект находится на минимальном расстоянии

[1] Подобное устройство, строго говоря, относится к другому типу взрывателей. — *Прим. ред.*

от цели. Взрыватели такого типа играют особо важную роль при использовании телеуправляемого и самонаводящегося оружия, так как на прямое попадание, которое приводит в действие ударные взрыватели, особенно если речь идет о поражении быстро движущихся целей (зенитные ракеты, снаряды истребителей), можно рассчитывать лишь в некоторых специальных случаях. Конечно, такие автоматические взрыватели могут использоваться и в неуправляемых снарядах или других летающих телах, в минах и т. п.

Для решения задачи в принципе применимы те же эффекты, что и для дистанционных взрывателей (2.631), если срабатывание сделать зависимым от изменения используемого параметра.

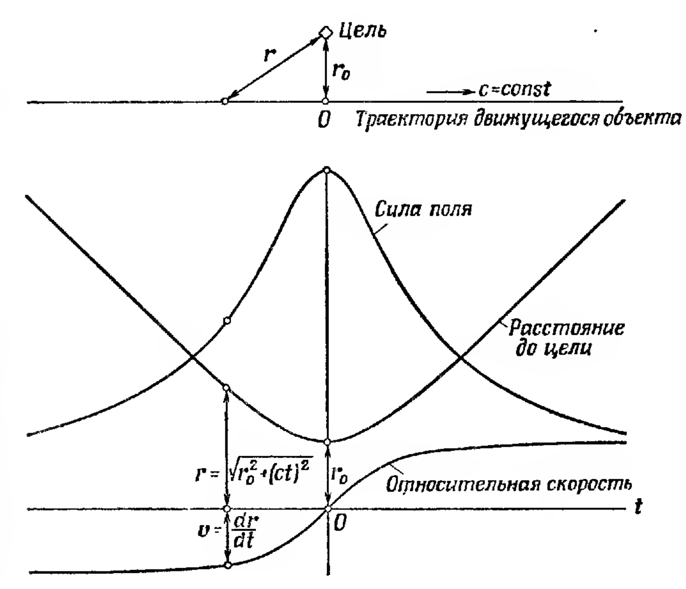


Рис. 38. Принцип действия взрывателя приближения.

2.632.1. Изменение силы поля. Так как в момент минимального расстояния (r_0, см. рис. 38) интенсивность поля цели в месте движущегося объекта достигает максимума, то этот момент может быть использован

для срабатывания взрывателя. Причина, в силу которой этот метод практически применяется редко, состоит в том, что пространственная диаграмма чувствительности (например, диаграмма направленности антенного устройства радиопередающей и радиоприемной части) не является достаточно равномерной, чтобы уверенно избежать обусловленного этим обстоятельством ложного максимума.

2.632.2. Изменение времени пробега. Так как время пробега луча между движущимся объектом и целью и обратно пропорционально расстоянию r, то можно момент прохождения его минимального значения использовать для срабатывания взрывателей. Этот наиболее часто применяемый метод при использовании эффекта Допплера позволяет сконструировать простую аппаратуру: частота Допплера пропорциональна скорости сближения между объектом и целью v и проходит при $r = r_0$ через свое нулевое значение, причем уменьшение и последующее увеличение $\left(\frac{dv}{dt}\right)$ происходит достаточно интенсивно. Пример: активный высокочастотный взрыватель приближения „Какаду" и др. (см. табл. 13 и 3.514.21).

2.632.3. Диаграмма излучения. Срабатывание взрывателя в момент пролета объекта мимо цели может быть достигнуто благодаря тому, что диаграмма приемного устройства (а при активном методе и диаграмма передающего устройства) направлена перпендикулярно к направлению движения (дискообразная диаграмма). В качестве примера можно указать на активный высокочастотный дистанционный взрыватель „Трихтэр" (3.35, 3.514.21), где осуществлена комбинация эффекта Допплера и дискообразной диаграммы [49].

Так как устройства такого рода срабатывают от величин, характеризующих движение объекта относительно цели, они могут применяться также для возбуждения необходимых процессов и в случае, когда объект неподвижен, а цель подвижна. Пример: „Тиффлигерфалле" — устройство для приведения в действие огнестрельного оружия на земле при полетах цели [49] (3.514.3).

2.7. ОСОБЫЕ ПРОБЛЕМЫ

В этом разделе мы увидим, сколь многочисленны проблемы, которые должны быть решены при проектировании и разработке приборов и установок телеуправления. Соображения, приведенные в этой главе, представляют собой лишь некоторые рекомендации, которые даны в качестве дополнений к принципиальным положениям, изложенным в предыдущих разделах, но которые до известной степени имеют общее значение для многих глав.

2.71. Выбор типа передачи

Соображения относительно области применения, которые уже были высказаны в связи с рассмотрением приборов самонаведения (2.57, табл. 8), в принципе относятся также и к передаче сигналов телеуправления и другой информации (например, для передачи координат цели по методу целеуказания, согласно 2.412.3, рис. 27,*б* и 32). В большинстве случаев определяющим фактором является требуемая дальность действия.

Если мы остановимся на важнейшей линии связи — радиолинии (2.331.11), то первым вопросом явится выбор частоты передачи. В этой связи можно дать примерно следующие рекомендации:

а) Если между передатчиком и приемником существует „оптическая видимость" (предполагается, что между ними не существует проводящих или диэлектрических препятствий), то следует предпочитать область частот между 30 и 30 000 *мггц* (ультракороткие, дециметровые и сантиметровые волны).

Чем меньше длина волны, тем меньше габариты антенной системы, тем легче достигается формирование пучка диаграммы излучения (ср. 2.73). Однако следует заметить, что в практике импульсной техники применяются только волны дециметрового и сантиметрового диапазонов. Для передачи информаций по линии связи между земной поверхностью и межпланетным пространством во внимание принимаются преимущественно области частот между 300 и 10 000 *мггц* (λ = от 1 *м* до 3 *см*) (26.1).

б) Для связи вблизи земной поверхности при отсутствии „оптической видимости" при небольшой дальности (несколько километров) могут использоваться также и ультракороткие волны. (Пример: *FKL*-8, см., 3.511.11—3.526.12.) Помимо этого, могут применяться средние волны или, для больших дальностей, короткие волны от 300 *кгц* до 30 *мггц* (3.6).

в) Длинные волны (диапазон 100 *кгц*) применяются только в особых случаях, например: пассивный выход на цель, представляющую собой длинноволновый передатчик; навигационная гиперболическая система Декка; система *NY* (3.511.15—3.526.23). Передача на звуковых и ультразвуковых волнах распространена только в системах, работающих под водой [14, 103], если не считать пассивных автоматических взрывателей (2.63, 3.514.23 и 3.513.3).

С одной стороны, передача по проводной линии связи (2.332) в противоположность радио и другим линиям связи, основанным на излучении, имеет значительное преимущество в отношении помехозащищенности (ср. 2.72). С другой стороны, маневренность управляемого объекта из-за проводного или кабельного соединения, естественно, несколько ограничена. Проводная линия связи для летательных объектов[1] все же успешно применялась при длине двухпроводной линии до 30 *км* (3.511.2, 3.523.1 и 2, 3.524.1).

2.72. Помехозащищенность

Чрезвычайно важным вопросом для практического применения телеуправляемых объектов является большая восприимчивость радиолиний связи к помехам.

Когда будет стартовать первый межпланетный корабль на Луну, тогда посредством международного соглашения можно будет добиться того, чтобы в диапазоне частот, используемых для управления и навигации корабля, не было помех. По-иному будет обстоять дело в случае применения телеуправляемого оружия, в отношении которого необходимо иметь в виду, что противник попытается помешать передаче сигналов телеуправления. Такие производные помехи могут быть двух родов: с одной стороны, можно мешать передаче команд вообще или только мешать правильному их выполнению, с другой стороны, можно вмешиваться в управление объектом и подавать иные команды, чем те, которые выдаются в пункте управления.

[1] Для объектов с дозвуковой скоростью полета. — *Прим. ред.*

Эффективным средством для предотвращения влияния таких помех является применение проводной линии связи (ср. 2.71, 3.523), однако этот метод приемлем только в особых случаях. Последующие краткие замечания относятся к радиолиниям связи. Они действительны как для передачи собственно команд телеуправления, так и для обратной передачи по методу целеуказания.

Прежде всего необходимо затруднить противнику обнаружение такой передачи. Для этого имеются следующие пути:

а) сокращение времени передачи до минимума;

б) уменьшение до допустимого минимума ширины конуса излучения (посредством направленных следящих антенн на стороне передатчика);

в) уменьшение мощности передатчика (это положение противоречит требованию создания большой напряженности поля у приемника);

г) применение маскирующей модуляции;

д) частая смена рабочей частоты и т. д.

Для уменьшения эффективности помех, создаваемых противником, принимаются следующие меры:

а) Направленный прием на телеуправляемом объекте. В большинстве случаев необходимо считаться с тем, что помехи исходят от самой цели, на которую осуществляется наведение (или из ее ближайших окрестностей). Так как направление объект — пункт управления во время движения изменяется, то это большей частью и определяет требования к диаграмме направленности приемной антенны. Диаграмма направленности должна иметь возможно меньший прием „спереди" и не остро направленный прием „сзади" (относительно направления движения).

б) Входные каскады приемника рассчитываются на относительно большую амплитуду сигнала. При этом работа приемника не нарушается посредством простого

„запирания" при действии, например, передатчика помех с качающейся настройкой или полосового передатчика помех.

в) Повышают избирательность средств селекции. По мере возможности селекцию надо производить несколько раз (высокочастотную, низкочастотную и на промежуточной частоте).

г) Добиваются хорошего совпадения частот задатчиков при импульсном приеме, чтобы выпадание отдельных принятых импульсов не нарушало работу системы.

д) Применение устройств, дающих возможность отличить полезный сигнал от сигнала помехи (например, по направлению падения луча).

В первое время после старта помех практически нет, так как, во-первых, полезная напряженность поля велика, во-вторых, противник еще не успел обнаружить атаку. Лишь по мере приближения телеуправляемого объекта к цели можно ожидать их появление. Возникновение заданного превышения уровня помехи над уровнем сигнала можно использовать для возбуждения определенных процессов, таких, как переключение с телеуправления на автономное управление (например, дальнейшее движение осуществляется по прямой линии), переход на автоматическое самонаведение с использованием другого вида энергии или на автоматическое наведение на передатчик помех (ср. 2.75).

2.73. Антенны

Некоторые принципиальные замечания о факторах, влияющих на конструкцию антенн, уже были сделаны в предыдущих разделах. На телеуправляемых объектах, особенно на телеуправляемых летательных объектах, имеющих небольшие размеры, возможности для установки антенны сильно ограничены. Кроме того, изменение аэродинамических свойств из-за наружной установки антенн обычно недопустимо. Часто оказывается необходимым разместить антенну таким образом, чтобы она входила в конструкцию объекта как один из ее элементов. Все это говорит за применение антенн небольших размеров, а следовательно, и очень коротких волн (2.71). Важнейшими формами антенн являются [26.5, 49,71, 110]:

а) отражательная установка с дипольной или волноводной антенной системой;

б) диэлектрический излучатель;

в) короткие стержни в четвертьволновой $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ и дипольной антенных системах или в антенной системе „Яги";

г) щелевой излучатель;

д) плоскостной излучатель.

Ультракоротковолновые антенны, применявшиеся ранее на летательных объектах, были довольно примитивны (3.523).

Серьезной проблемой является возникновение помех и экранирующего действия газовой струи при работе реактивного двигателя. Это явление создавало напряжение помехи, которое воздействовало на вход приемника и, кроме того, обусловливало поглощение энергии и искажение диаграммы направленности [26.5, 71,97]. По этим вопросам были проведены тщательные исследования различными институтами. Подробные результаты этих исследований автору, к сожалению, не известны. Было установлено, что благодаря специальной облицовке реактивного сопла и добавления примесей к горючему у двигателя Вальтера происходит минимальная ионизация газовой струи.

Значительное затруднение состоит также в опасности электрического пробоя при вхождении летательного объекта в область низкого атмосферного давления; особенно это относится к высотным ракетам и межпланетным кораблям. Для избежания пробоя при высоких напряжениях в антенне сохраняется постоянное давление в герметичной части высокочастотной системы, как это требуется для высотных электрических приборов (2.74).

2.74. Конструирование

Практическое создание установок телеуправления предъявляет многочисленные специальные требования к технике выполнения приборов и установок (преимущественно рассматриваются приборы и установки, применяемые для летающих объектов), из которых некоторые здесь приведены.

Все без исключения части установки в первую очередь должны удовлетворять общим требованиям, которые предъявляются к аэронавигационным бортовым приборам. Должны быть обеспечены:

устойчивая работа установок в диапазоне температур от —60 до +60 °С (в противном случае необходимо обеспечить обогрев прибора или той части объема, где расположен прибор);

высотность, соответствующая заданной области применения (в некоторых случаях корпус делается герметичным и в нем создается избыточное давление);

виброустойчивость (нормальное значение амплитуды ускорения при вибрациях равно примерно $\pm 5\ g$); устойчивость к ускорениям (нормальная величина ускорений равна примерно 8—12g, для выстреливаемых же приборов — более 100 g);

независимость работы установки от рабочего напряжения в пределах примерно $\pm$ 15%, если регулирование напряжения бортовой сети объекта отсутствует;

самые минимальные объем, вес, потребление энергии;

полная автоматизация действия приборов на борту телеуправляемого объекта после его старта (на сбрасываемом объекте уже во время подлета);

максимальная надежность в работе.

Чтобы гарантировать удовлетворение вышеуказанных требований, необходимо обеспечить тщательное испытание бортовых приборов и установок перед стартом, причем при испытаниях должны быть созданы условия, наиболее приближающиеся к тем, в которых работает аппаратура на борту объекта.

При разработке конструкции приборов требуется особое внимание уделить сохранению постоянства частоты при соблюдении вышеперечисленных условий. С этой целью необходимо обеспечить: стабильность конструкции элементов, определяющих частоту, управление посредством кристалла (сложно в отношении смены частот), предварительное включение накала ламп, точную автоматическую подстройку, температурную компенсацию, стабильность рабочего напряжения и т. д. (см. [97], 3.511.12, 3.512.1).

2.75. Переход от одного вида управления к другому при комбинированном методе

Об этой возможности уже упоминалось несколько раз. Управление объектом во время его движения к цели производится различными методами (2.14, 2.54, 2.72). Для перехода от одного вида управления к другому имеются следующие способы.

а) Момент перехода может быть заранее установлен (временная программа, счетчик пути, высотный переключатель и т. п.), переход может быть осуществлен посредством передачи специальной телекоманды (2.6).

б) Переход может произойти при достижении определенного состояния, которое „заранее предусмотрено" на борту управляемого объекта, например пролет маркерного передатчика (3.6), захват цели или прохождение определенного угла установки прибором самонаведения (2.54), возникновение помех при телеуправлении (2.72).

в) В обоих случаях необходимо заранее решить, нужно ли возвращать приборы в исходное положение после исчезновения фактора, вызвавшего их переключение, или же сохранять новое положение (применив реле с фиксатором).

При отсутствии сигналов телеуправления можно предусмотреть для наземных и морских объектов автоматическую посылку команды „Стоп" (3.511.11). Для воздушных же объектов необходимо предусмотреть определенный режим полета (например, прямолинейный полет или сохранение последней команды).

Метод запрещения исполнения команды до получения обратного подтверждения или до выработки другой команды (3.526.21), применяемый в системе телеуправления „Церингена", для управления воздушными объектами не применим.

2.76. Выбор цели

Особую проблему в некоторых случаях представляет требование наведения на вполне определенную цель при наличии нескольких подобных ей целей. При методе визуального совмещения (2.412.11) правильное решение

задачи зависит лишь от внимательности наблюдения оператора или от соответствующих условий видимости. Аналогичным является положение при управлении по телевизионному методу (2.412.31), если принимаемое изображение является достаточно четким. При панорамном методе (2.412.2) также легко осуществляется преследование определенной цели с помощью панорамного изображения на экране, если речь идет о движении в одной плоскости (корабли). Напротив, для воздушных целей (например, строй самолетов) возникают трудности в получении правильных показаний по азимуту и высоте. Подобные же трудности имеют место в случае радио- или инфракрасной пеленгации (2.412.12 и рис. 32). Чтобы в этих случаях иметь возможность различать цели, необходимо использовать данные дальности, а также, при известных обстоятельствах, относительной скорости.

Самонаведение чаще всего происходит на энергетический „центр тяжести" излучения группы цели, по крайней мере при активном и полуактивном методах, при пассивном же методе наведение осуществляется большей частью только на определенный „передатчик". Выбор одной заранее предусмотренной цели из множества одинаковых целей, находящихся в поле зрения установки самонаведения, при этом практически невозможен. Когда самонаводящийся объект приближается к строю самолетов, постепенно из целей, находящихся внутри угла захвата прибора самонаведения, выбираются те, которые обладают максимальным отражением. С введением „установочного угла", как это указано в [96], этот процесс, однако, ничего общего не имеет.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕННЫХ И СПРОЕКТИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Если в предыдущих разделах была сделана попытка изложить теоретические основы телеуправления, то теперь необходимо перейти к практическим вопросам техники телеуправления. После краткого обзора истории развития этой техники (3.1) и некоторых замечаний по вопросу „управление моделями" (3.2) последуют обзор в виде таблиц, касающихся образцов немецкого телеуправляемого оружия и относящихся к нему приборов (3.3), а также сводная таблица американских и английских разработок в этой области (3.4). Раздел 3.5 содержит отдельные данные и краткое описание некоторых немецких систем телеуправления, относящихся к периоду второй мировой войны, и, наконец, в нем приводится особенно интересный пример дальнейшего развития автоматического управления (автономного управления и самонаведения): перелет американского транспортного самолета через Атлантический океан в 1947 году (3.6). Необходимо отметить, что отдельные детали и данные, приведенные в разделах 3.3 и 3.5, не претендуют на точность, а дают лишь правильное представление о принципах действия устройств и порядке величин. Это объясняется тем, что некоторая часть небольшого количества материалов, имевшихся в распоряжении автора, содержала противоречивые данные и, кроме того, за прошедшие восемь лет, безусловно, многое могло быть забыто.

3.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Идея управления движением объекта на расстоянии возникла в то время, когда появилась техника электрической связи вообще, если не считать механического

воздействия на управляемый объект посредством тросового или другого вида соединения. В телеуправлении, как и в технике электрической связи, раньше всего существовала передача сигналов управления по проводам, поэтому в первых опытах по телеуправлению автомобилями и судами была использована передача команд по проводной линии связи [24, 53]. Так, уже за несколько лет перед первой мировой войной фирмой „Сименс и Гальске" была разработана система телеуправления, которая обеспечивала управление безэкипажным брандером при наведении его на цель с побережья или корабля-матки. При этом передача команд осуществлялась по кабелю, который разматывался с барабана брандера при его движении. О том, что этот метод был правильным, говорит тот факт, что система NYK, разработанная в 1942—1944 годах в военно-морском флоте, действовала точно так же, как система телеуправления фирмы „Сименс и Гальске" (3.511.25).

Так как возможности проводной связи между пунктом управления и телеуправляемым объектом слишком ограничены, то уже на заре развития телеуправления проводились опыты с беспроводной передачей командных сигналов. Еще до 1914 года был предложен целый ряд конструкций беспроводного управления, и, пожалуй, первой такой конструкцией являлась система, предложенная Х. Виртом (Нюрнберг), который в качестве приемника применял еще когерер. К этому времени относится также система Ровера—Маурахера. Эта система предназначалась для беспроводного телеуправления летательными аппаратами: дирижаблями, самолетами, воздушными торпедами [24]. Однако еще значительно раньше появились работы по беспроводному воздействию на расстоянии на подвижные объекты. В качестве примера можно назвать патент № 34845 „Управление торпедой при помощи электрических волн", выданный в Австрии в 1908 г. [91].

В военном деле удовлетворительные результаты практического применения удалось получить только при использовании в приемных устройствах электронных ламп. Однако до 1918 года использовались передающие устройства, работающие на искровом принципе.

К началу войны 1914 года Комиссией по испытанию технических средств связи под председательством проф. М. Вина в Иене были начаты исследования в области телеуправления. Эта комиссия уже обстоятельно занималась такими вопросами практического использования систем телеуправления, как величина радиуса действия, возможность создания помех, надежность работы и т. д. Так как вскоре выявились значительные трудности в телеуправлении беспилотными летательными объектами, то ограничились разработкой систем для управления морскими объектами.

В 1914—1915 годах были проведены тщательные исследования по беспроводному управлению судами сначала с земли (оз. Мюггель, 1914—1915 годы), а затем с самолета (Травемюнде, весна 1915 год). После того как исследованные методы в принципе оправдали себя, дальнейшие разработки и испытания были поручены военно-морским силам (Инспекция торпедного дела, Киль, 1916—1918 годы).

Путь, по которому пошли Бирнбаум, Дройзен, проф. Пирани, проф. Пунгс и др., привел прежде всего к комбинированному способу. Сигналы управления, посылаемые с самолета по радиолинии, принимались приемным устройством на суше и передавались при помощи кабеля по методу Сименса на управляемый катер (скорость катера составляла 60 *км/час*, взрывной заряд весил 750 *кг*). В некоторых военных операциях во Фландрии и Курляндии применялись кабели длиной до 50 *км* (интересно сравнить с системой, предложенной приблизительно в 1942 году Крокки, 2.333). Позднее была также испытана непосредственная передача команд с самолета по радиолинии на телеуправляемый катер [24]. Исследования, проведенные в первую мировую войну немецкими военно-морскими силами, впоследствии были положены в основу при разработке системы беспроволочного телеуправления известных кораблей-мишеней „Церингеи" и „Гессен"[1] Эти корабли в конце 20-х годов были оборудованы фирмой „Сименс и Гальске" радиоустановками для телеуправления (2.311.2, 3.526.21).

[1] „Гессен" совместно с принадлежащим ему тендером „Блитц" в 1946—1947 годах находился неповрежденным в порту Либава и, по-видимому, эксплуатировался русскими.

Во Франции в первую мировую войну также проводились работы в области телеуправления по радио морскими объектами. Первые испытания (Абрахам Блох, Дольме-Деан) относятся к 1917 году, причем применялся метод передачи отдельных команд с шаговым искателем (2.311.21) [53].

Следует упомянуть также об опытах в области телеуправления, проведенных австрийцем Шмидлем из Граца, который с 1928 по 1935 год экспериментировал с почтовыми ракетами; при этом команды телеуправления передавались по радио и при помощи инфракрасных лучей [9].

Насколько далеко шагнуло развитие техники телеуправления в Германии к началу второй мировой войны, можно судить по так называемой „паре Сименса", которая 17 мая 1940 года демонстрировалась в Пенемюнде. Комплект аппаратуры телеуправления беспилотным самолетом Ju-52 был разработан заводом авиационных приборов в Гакенфельде. Беспилотный самотет Ju-52 в полном смысле слова был телеуправляем с сопровождающего самолета: согласно подаваемым командам, он взлетал, набирал высоту, делал развороты, снижался, шел на посадку, включал торможение при пробеге [25].

В период второй мировой войны в Германии появилось большое число образцов телеуправляемого оружия, которые разрабатывались промышленностью по заказу трех видов вооруженных сил. Однако из них лишь незначительная часть конструкций поступала на фронт в больших количествах. В большинстве случаев развитие телеуправляемого оружия базировалось на работах, связанных с исследованиями ракет, поэтому большое значение имело основание в Пенемюнде в 1936 году войскового и военно-воздушного испытательного института (3.522). Раздел 3.3 содержит систематику образцов и проектов телеуправляемого оружия, раздел 3.5 — некоторые тактико-технические данные и краткое описание важнейших образцов. Данные и описание образцов приведены с той точностью, с какой они были известны автору или стали ему известны из печати.

В США развитие техники телеуправления протекало аналогичным образом, поскольку там также на первом этапе стояла проблема создания реактивного двигателя

для управляемых объектов. Этими работами занимались прежде всего организованная в 1936 году Гугенхеймская авиационная лаборатория Калифорнийского технологического института (*GALCIT*)[1]. В декабре 1944 года в Калифорнии было проведено испытание первой модели реактивного снаряда дальнего действия „Прайвит А" с тягой реактивного двигателя 453 *кг*. Модель пролетела около 17 *км* [9]. Первые же испытания немецкой, полностью стабилизированной ракеты дальнего действия А-3 с тягой реактивного двигателя 1,5 *т* (3.522) состоялись уже в декабре 1937 года в Грейфсвальдер-Ойе. При третьем отстреле 3 октября 1942 г. в Пенемюнде ракета дальнего действия А-4 пролетела 192 *км* [11]. В послевоенный период на базе работ института в Пенемюнде и при участии его сотрудников развитие реактивного вооружения в Америке значительно продвинулось вперед.

К сожалению, в литературе работам в области телеуправления уделено очень мало внимания. Основное место отведено работам по двигателям [9, 10]. Это объясняется, очевидно, тем, что сами авторы недостаточно хорошо представляют себе вопросы телеуправления. В разделе 3.4 обобщены данные об английских и американских образцах телеуправляемого оружия.

В 30-х годах были основаны научно-исследовательские общества реактивной техники, а также общества астронавтики и в других странах. В сентябре 1951 года в Лондоне 15 таких обществ объединились в Международную федерацию астронавтики (МФА) [9]. В круг вопросов, которыми занимаются эти общества, входят также вопросы телеуправления и проблемы, родственные этой области техники. Об этом можно судить по вышедшей в свет книге „Высокочастотная техника и межпланетные полеты" [26], изданной кружком „Высокочастотная техника", который возглавляет д-р Р. Мертэн. Работа была подготовлена в связи с четвертым ежегодным съездом немецкого „Общества исследования вселенной" (январь 1951 г., Штутгарт).

[1] *GALCIT* — сокращенное название лаборатории: Guggenheim Aeronautical Laboratory of the California Institute of Tehnology. — *Прим. ред.*

3.2. УПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ

В разделе 3.1 и в последующих разделах рассматриваются вопросы применения техники телеуправления в основном для военных целей (исключая почтовые и исследовательские работы), тогда как телеуправление движущимися моделями всех видов охватывает много других областей: от изготовления невинной игрушки и моделей в обществах любителей и начинающих специалистов различных отраслей техники до научных исследований процессов всех видов на движущихся объектах.

Если специальной литературы о телеуправляемом оружии мало, что обусловлено секретностью, то имеется целый ряд опубликованных работ по системам телеуправления моделями движущихся объектов и особенно моделями самолета [58, 59, 74—84, 88—90].

Три года назад в Германии снова началась деятельность любителей в области телеуправления. Инициатором этого является Германский аэроклуб, который в составе своего комитета летающих моделей создал специальную секцию телеуправляемых моделей и проводит соревнования [78, 85—87].

Так как для телеуправления по радио требуется излучающий передатчик, работа которого подлежит контролю на основании закона от 14 января 1928 года, то требуется специальное разрешение немецкого почтового ведомства. Это ведомство установило для телеуправляемых моделей, которые изготовляют любители, частоты передач, применяемые для обычных технических, медицинских и научных целей [78, 85, 86]:

13 560 *кгц* + 0,05%
27 120 *кгц* + 0,6%
465 *мгц* + 0,5%

Мощность в антенне до 5 *вт*[1]. В США, кроме того, применяется частота 52 *мгц* [75], которая имеет то преимущество перед полосой частот 13—27 *мггц*, что требует антенн меньших размеров.

[1] Опубликовано в бюллетене Министерства почты и телеграфа от 11 апреля 1953 года.

Приборы телеуправления, устанавливаемые на борту объекта, отличаются прежде всего незначительной стоимостью. Из большого числа имеющихся схем приемников

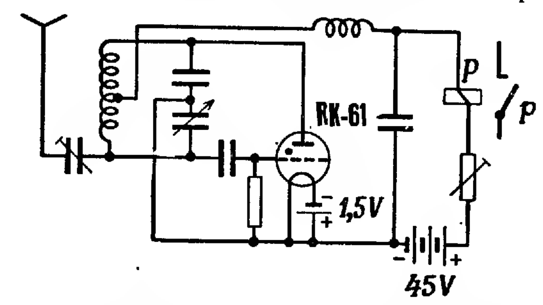


Рис. 39. Схема малогабаритного суперрегенеративного приемника для одноканальной передачи.

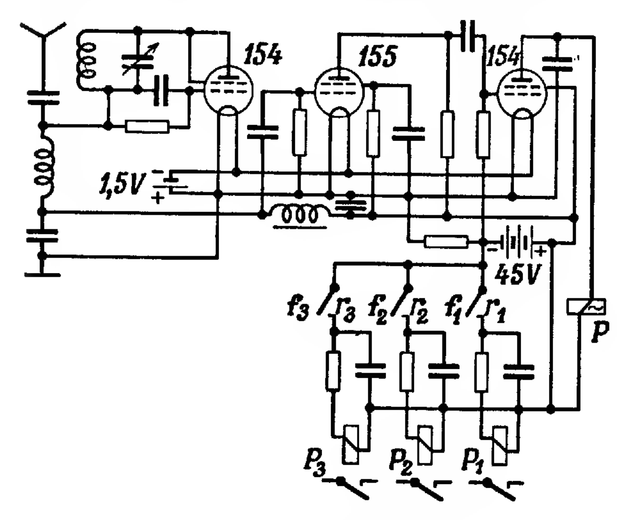


Рис. 40. Схема малогабаритного приемника с резонансным реле.

будут рассмотрены только две принципиальные схемы, которые были опубликованы в ряде специальных журналов [75, 78, 81]; аналогичные схемы содержатся также в источниках [79, 80, 82, 88, 89]. На рис. 39 изображена схема суперрегенеративного приемника для одноканаль-

ной передачи на частоте 52 *мгц* с применением сверхминиатюрного газонаполненного триода RK-61. Этот приемник отличается прежде всего незначительным весом (без батареи питания он весит 60 *г*, с батареей — 200 *г*) и позволяет управлять, например, реле для многократных отдельных команд по принципу, описанному в 2.311.21 (рис. 13).

Схема трехлампового приемника для приема трех отдельных команд по принципу, изложенному в 2.311.22, рис. 12, изображена на рис. 40. Приемник работает с резонансным реле P (система наушников). Якорь резонансного реле воздействует на три язычка: r_1, r_2 и r_3, собственные частоты колебаний которых настроены на три различные звуковые частоты: f_1, f_2 и f_3. Эти язычки управляют рабочими реле: P_1, P_2 и P_3. Вес приемника без батареи питания составляет около 350 *г* [75].

Табл. 9—13 этого раздела содержат в основном данные о немецких конструкциях телеуправляемого оружия и относящихся к нему отдельных приборов и установок.

3.3. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НЕМЕЦКИХ ОБРАЗЦОВ И ПРОЕКТОВ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ОРУЖИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДО 1945 Г.

В них приведены также данные о родственных установках автономного управления соответственно трактовке в разделе 2. В табл. 9 и 12 упомянуты также некоторые авиационные радиокомпасы и родственные им навигационные приборы, которые до сих пор не применялись для автоматического самонаведения, однако в принципе могут быть использованы для этой цели.

	Таблица	Отдельные примеры содержатся в разделах:
Общий обзор	9	3.5
Телеуправляемое оружие	10	3.52
Приборы телеуправления	11	3.511
Приборы наведения на цель и самонаведения	12	3.512, 3.513
Автоматические взрыватели	13	3.514

Табл. 9 содержит данные относительно как целых систем, так и отдельных приборов, причем названия или сокращенные обозначения систем расположены в алфавитном порядке. Остальные таблицы построены в порядке описания принципа действия того или иного образца.

3.31. Общий обзор

Пояснения к табл. 9—13.

З — наземный объект;
М — морской объект;
В — воздушный объект, летательный аппарат;
Р — ракета;
Т — способ (прибор, установка) телеуправления;
ОК — способ (прибор, установка) определения координат;
ВЦ — способ (прибор, установка) выхода на цель;
С — способ (прибор, установка) самонаведения;
УЦ — способ (прибор, установка) указания цели;
АВ — автоматический взрыватель;
СА — сухопутная армия;
ВМФ — военно-морской флот;
ВВС — военно-воздушные силы;
ЖД — немецкие государственные железные дороги.
AEG — Всеобщая электротехническая компания;
DFS — Немецкий исследовательский институт планеризма в Айнринге;
Донаг — Придунайская приборостроительная компания, Вена;
DVL — Немецкий авиационный испытательный институт, Берлин—Адлерсхоф;
ELAC — Электроакустическое общество, Киль и Намслау;
FFÖ — Исследовательский институт авиационной радиотехники, Оберпфафенхофен;
GEA — Компания электрических установок, Фельдах;
GEMA — Компания электроакустической и механической аппаратуры, Берлин;
HEV — Авиационные завод Хеншель, Шенефельд (Берлин);
HVP — Военный испытательный институт в Пенемюнде, позднее также электромеханические заводы, Карлсхаген;
LVP — Испытательный институт военно-воздушных сил, Пенемюнде, Карлсхаген;
RhB — Компания „Рейнметал-Борзиг", Берлин;
RPF — Исследовательский институт немецкой государственной почты, Берлин;
Стару — Стасфуртская радиовещательная компания, Стасфурт;
TVA — Торпедный исследовательский институт Ней-Бранденбург;
P — спроектировано;
V — уточнение метода и предварительные испытания;
O — образец (лабораторный, опытный);
F — прошел испытания;
E — принят на вооружение;
? — автору неизвестно;
A — автор.

Таблица 9

3.3. ОБЗОРНАЯ ТАБЛИЦА НЕМЕЦКИХ ОБРАЗЦОВ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ОРУЖИЯ ДО 1945 ГОДА

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
А	Р	Снаряды дальнего действия („Аггрегатэ”) с автономным управлением или телеуправляемые с жидкостным реактивным двигателем на различных стадиях развития	СА	Управление вооружения	—	[8, 11]
А-1	Р	Ракета весом 150 *кг*, тяга двигателя 300 *кг*, стабилизация осуществлялась посредством вращающегося маховика весом 40 *кг*	СА	Испытательный центр Кумерсдорф-Вест	V	[8, 11]
А-2	Р	Подобна ракете А-1, но с несколько иным положением центра тяжести и расположением гироскопа	СА	То же	V	[8, 11]
А-3	Р	Ракета весом 750 *кг*, тяга двигателя 1,5 *т*, стабилизировалась посредством гироскопа, имела радиоприемник для приема команды на аварийное включение двигателя	СА	То же	О	[8, 10, 11]
А-4	Р	Ракета весом 13 *т*, тяга двигателя 25 *т*, боевое название Фау-2	СА	HVP	Е	[8—11, 26, 6, 71 и др.]
А-4*b*	Р	Подобна ракете А-4 с малым крылом, прототип ракеты А-9	СА	HVP	V	[8, 11]
А-5	Р	Подобна ракете А-3. Производственный образец для предварительного испытания конструктивного варианта ракеты А-4	СА	HVP	О	[10, 11]
А-6	Р	Опытная ракета, испытывавшаяся с различными видами горючего	СА	HVP	Р	[8, 9]
А-7	Р	Подобна ракете А-5, однако имеет небольшое крыло. Испытывалась как образец планирующей ракеты	СА	HVP	V	[8]
А-8	Р	Образец, предшествовавший ракете А-9	СА	HVP	Р	[8]
А-9	Р	Подобна ракете А-4, но с несущими плоскостями. Планировался также пилотируемый вариант	СА	HVP	V	[8, 11]
А-10	Р	Ракета весом 87 *т*, тяга двигателя 200 *т*, первая ступень для взлета ракеты А-9	СА	HVP	Р	[8, 11]
А-9/А-10	Р	Так называемая „Америка-Ракетэ”	СА	HVP	Р	[8, 10, 11]
„Адлер”	УС	Телевизионная головка с иконоскопом и спиральной разверткой изображения	ВВС	Опта-Берлин	V	А

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Аргус-Проект"	В	Небольшой телеуправляемый самолет, мишень для зенитной артиллерии	ВВС	Аргус; Лоренц	О	А
„Армин"	С	Инфракрасный прибор самонаведения с разверткой посредством линзового шара (Линзенкугель)	ВВС	ELAC	V	[48]
„Армин Е"	С	Инфракрасный прибор для управления бортовым оружием с автоматическим сопровождением по дальности	ВВС	Военно-воздушная академия, Гатов (профессор Крюгер)	V	[45.1]
ASV-Хальбе	ВЦ	Прибор выхода на цель, которой является бортовая радиолокационная станция или бортовой передатчик помех	ВВС	„Сименс"	?	[45]
В-объекты	З	Телеуправляемые гусеничные повозки (танки)	СА	—	F	[46]
В-4	З	Телеуправляемый танк для доставки подрывного заряда	СА	?	F	[48, 104]
„Блиц"	М	Тендер, содержащий передающую установку для телеуправления „Гессеном"	ВМФ	(„Сименс")	(Е)	А

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Бодо"	Т	Наземный прибор к установке „Рейнланд"	ВВС	„Телефункен"	О	А
ВР-20	В	То же, что и „Наттэр"	ВВС	„Бахэм"	О	[10]
„Брабант"	Т+ОК	Наземная установка к системам „Рейнланд" и „Когге"	ВВС	„Телефункен"	Р	[47]
„Бриг"	Т	Радиоприемник для телеуправления к „Когге" (приемник отраженных сигналов дециметрового диапазона)	ВВС	„Телефункен"	F	[46, 47]
„Бургунд"	Т+ОК	Наземная установка к системам „Рейнланд OV" и „Кельгейм"	ВВС	„Телефункен"	О	А
BV-143	В	Надводная торпеда. Управление относительно трех осей со специальным прибором, определяющим высоту полета над водой	ВВС	„Блом и Фосс"	О	[25]
BV-143В	В	Подобна торпеде BV-143 с управлением по курсу с самолета по радиолинии	ВВС	„Блом и Фосс"	О	[25]
BV-246	В	Планирующая на значительное расстояние бомба с автономным управлением, применима в качестве зенитной мишени		„Блом и Фосс"	V	[25]
„Целебес"	Т	Установка для создания направляющей плоскости в системе „Гавай II"	ВВС	„Телефункен"	О	[46]
„Кольмар"	Т	Приемник линии телеуправления подобен приемнику „Страсбург", однако более дешевый	СА ВВС	„Фриске" и „Хёпфнер"	F	[46]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Даккель"	С	Активный прибор самонаведения на базе радиолокационной станции	ВВС	RPF	?	[48]
„Детмольд"	Т	Приемник линии телеуправления при двухпроводной передаче команд на постоянном токе (работал с передатчиком „Дюрен"), применялся для бомбы „Фриц-Х"	ВВС	„Стару"	F	[46]
„Дог"	С	Пассивный акустический прибор самонаведения для реактивного снаряда „Х-4"	ВВС	„Телефункен"	О	[48]
„Дортмунд"	Т	Передатчик или передающая установка телеуправления для передачи команд на низкой частоте по двухпроводной линии связи для телеуправления Hs-293	ВВС	„Стару"	E	[46]
„Драхе"	ОК	Рефлектор „Ризен" в соединении с прибором определения координат зенитных ракет	ВВС	„Телефункен"	P	[47]
„Дуйсбург"	Т	Приемник линии телеуправления для низкочастотной двухпроводной передачи команд (к передатчику „Дортмунд"), применялся для Hs-293	ВВС	„Стару"	E	[46]
„Дюрен"	Т	Передатчик или передающая установка телеуправления для передачи команд на постоянном токе по двухпроводной линии связи для управления бомбой „Фриц-Х"	ВВС	„Телефункен"	F	[46]
„Дюссельдорф"	Т	Передатчик или передающая установка телеуправления для передачи команд на постоянном токе по двухпроводной линии связи для управления реактивного снаряда Х-4	ВВС	„Донаг"	F	[46]
„Эббе"	АВ	Автоматический телевзрыватель для рельсовых мин	ЖД	„Телефункен"	?	[45]
„Эхсэ"	Т	Устройство для автоматического выдерживания дистанции между поездами на железной дороге	ЖД	„Телефункен"	V	[45]
„Эгерланд"	ОК	Один из вариантов радиолокатора сантиметрового диапазона (к системе „Ганза")	ВВС	„Телефункен"	О	[15]
„Эльфе"	АВ	Приставка к бортовому радиолокатору для автоматического приведения в действие оружия	ВВС	„Функтраль", FFO	V	[45]
„Эльзас"	Т+ОК	Наземная установка к системам „Рейнланд" и „Рейнгольд А" и „Кельгейм"	ВВС	„Телефункен"	О	[47]А
„Эмден-Таг"	С	Оптический прибор самонаведения, реагирующий на модулированный источник света	ВВС	AEG	V	[48]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Эмден I"	С	Инфракрасный прибор самонаведения с диском для получения координат в полярной системе	ВВС	AEG	O	[48]
„Эмден II"	С	Подобен прибору „Эмден I", но с диском для прямоугольной системы координат	ВВС	AEG	V	[48]
„Энциан"	Р	Телеуправляемая зенитная ракета деревянной конструкции	ВВС	Компания деревянного строительства		[9, 47]
E_1, E_2, E_3		С двигателем Вальтер		„Зонтхофен"	V	[9]
E_4, E_5		С двигателем Конрад			F	[9]
FB-50	УЦ	Телевизионная головка с 50-строчной разверткой, развертка изображения осуществлялась с помощью диска Нипкова	ВВС	Телевизионная компания	V	[48]
FB-1000	В	Телеуправляемая падающая бомба весом 1000 *кг*	ВВС	„Сименс"	V	A
„Фоерлилие"	Р	Зенитный снаряд с автономным управлением	ВВС	RhБ		[9, 25, 95]
F-25		Ракета весом 120 *кг* со стреловидным крылом	ВВС		O	[9]
F-55		Ракета весом 470 *кг* в бесхвостовом конструктивном варианте	ВВС		V	[9]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
Fi-103 (Фау-1)	В	Самолет-снаряд с автономным управлением и с двигателем „Аргус-Рор"	ВВС	„Физэлер"	E	[11, 25]
FKL-8		Система телеуправления по радио для „В-4"	СА	„Блаупункт"	F	[104]
„Флаттэр-LS"	В	Телеуправляемый планирующий самолет для испытания телевизионного выхода на цель	ВВС	DFC	V	[39]
„Фленсбург"	ВЦ	То же, что и „ASV-Хальбе"	ВВС	„Сименс"	?	[45]
„Флитцер"	М	Телеуправляемый быстроходный катер	ВМФ	?	V	A
„Франкен"	Т+ОК	Наземная установка к „Рейнланд oV" с „Когге"	ВВС	„Телефункен"	V	A
„Фрегаттэ"	Т	Приемник телеуправления дециметрового диапазона супергетеродинного типа к „Когге" (последующая модификация „Бригга")	ВВС	„Телефункен"	O	[46]
Фриц-Х	В	Телеуправляемая бронебойная падающая бомба весом 1400 *кг*	ВВС	DVL, RhB, GEA	E	[25, 30, 31, 97]
FuG		Общее сокращенное обозначение бортовых радиоприборов или радиоустановок телеуправления. Это обозначение относится также и к установкам передачи команд по проводной линии связи				
FuG-101	ОК	Радиовысотомер с непрерывным изменением высокой частоты	ВВС	„Сименс"	E	

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооружённых сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
FuG-203	T	Самолетная бортовая установка телеуправления е передатчиком „Кель".		„Телефункен, Опта"	E	A
FuG-204	T	Наземная установка телеуправление для „Аргуе-Проекта" (то же, что „Кель II")	ВВС	Лоренц	O	A
FuG-205	T	Бортовая установка телеуправления для работы с передатчиком „Грайфсвальд"	ВВС	Лоренц	P	A
FuG-206	T	Модификация FuG-203 для установки на истребитель (для телеуправления реактивными снарядами класеа „воздух—воздух")	ВВС	„Телефункен"	V	A
FuG-207		Бортовая установка телеуправления с проводной линией связи с передатчиком „Дортмунд"	ВВС	„Телефункен"—„Стару"	E	A
FuG-208		Подобна установке FuG-207, но с передатчиком „Дюрен"	ВВС	„Телефункен"	F	A
FuG-230		Приемная установка управления по радио е приемником „Страсбург"	ВВС	„Стару"	E	A
FuG-230a		То же, епециально для „Фриц-X"		Стару-GEA	E	A
FuG-230b		То же, епециально для Hs-293	—	Стару-HFW	E	A

FuG-232	T	Приемная установка управления по радиолинии е приемником „Кольмар"	ВВС	HFW	O	A
FuG-235	T	То же, но е приемником „Кольберг"	ВВС	„Лоренц—Стару"	P	A
FuG-237	T	Приемная установка телеуправления по проводной линии связи е приемником „Дуйебург" для Hs-293	ВВС	Стару-HFW	E	A
FuG-238	T	То же, но с приемником „Детмольд" для „Фриц-X".		Стару-GEA	F	A
FuG-350	OK	То же, что и „Накеос Z"	ВВС	„Телефункен"	E	[1]
FuG-351	OK	То же, что и „Корфу"	ВВС	„Блаупункт"	E	[1]
FuG-380	AB	Автоматичеекий взрыватель е енихронным детектированием	ВВС	?	?	[46]
FuG-510	T	Самолетная бортовая установка телеуправления по проводам с передатчиком „Дюееельдорф" (для X-4).	ВВС	„Донаг—Телефункен"	F	A
FuG-512 ff	T	Передающая установка управления по радио е сиетемой „Когге"	ВВС	„Телефункен"	V	A
FuG-530 ff	T	Приемная установка управления по радио с системой „Когге"	ВВС	„Телефункен"	V	A
FuKE-8 FuKS-8		Приемник } к FKL-8 Передатчик } к FKL-8	CA	„Блаупункт"	F	[104]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
FuMG	OK	Общее обозначение для радиолокационных приборов и установок				
FZG-76	B	См. Fi-103				
CB-200	B	Планирующая бомба весом 250 *кг*, управляемая от гироскопа	ВВС	RhB	V	25
„Гайнер"	C	Активный акустический прибор самонаведения для торпеды	ВМФ	Торпедная комиссия	V	14
„Голиаф"	З	Танкетка, телеуправляемая посредством двухпроводной линии связи	СА	?	E	—
„Грайфсвальд"	T	Передатчик управления по радио, подобный „Кель", но с частотной модуляцией	ВВС	Лоренц	O	A
„Грюнэ Визэ"		Зенитная батарея с телеуправляемыми зенитными ракетами	ВВС	—	O	[15]
„G-Шлеппер"		Фирменное обозначение для Е-4	СА		F	—
„Гамбург"	C	Инфракрасный прибор для пассивного самонаведения	ВВС	ELAC	O	[45.1, 48]
„Ганза"	T+OK	Наземная установка к „Рейнланд" с радиолокационной станцией сантиметрового диапазона	ВВС	„Телефункен"	P	[47]
„Хазэ"		Передатчик направляющей плоскости для „Гавайи I,б"	СА	„Телефункен"	E	[46]
„Гавайи"		Установка, создающая направляющую азимутальную плоскость для управления ракетой А-4	СА	„Телефункен"	E	[46]
„Гавайи I,б"		Полностью моторизированная установка для создания направляющей плоскости			E	[46]
„Гавайи II"		Установка для создания направляющей плоскости, „Целебес" с бортовой установкой „Папагайст"			?	[46]
„Хехт"	P	Исследовательская ракета весом 140 *кг*		RhB	V	[9]
„Гессен"	M	Телеуправляемая морская мишень	ВМФ	(Сименс)	(E)	—
Hs-117	P	Телеуправляемая зенитная ракета	ВВС	HFW	F	[9, 10, 25, 47]
Hs-293	B	Телеуправляемая планирующая бомба-мина весом 500 *кг* с двигателем Вальтера	ВВС	HFW	E	[9, 10, 25, 97]
Hs-293A		То же, но с телеуправлением по радиолинии			E	—
Hs-293B		То же, но с телеуправлением по проводной линии связи			E	—
Hs-293D		То же, но с телевизионной головкой „Тоннэ"			O	—

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
Hs-293H		То же, но с двигателем Шмиддинг			F	[9, 10]
Hs-294	B	Подобна Hs-293, но с погружением в воду	BBC	HFW	O	[9, 25]
Hs-295	B	Подобна Hs-293, но увеличенного калибра (2 *m*)	BBC	HFW	V	A
Hs-296	B	Подобна Hs-293, но с телевизионной головкой	BBC	HFW	V	[9]
Hs-297	B	Старое обозначение для Hs-117	BBC	HFW	—	A
Hs-298	B	Телеуправляемый реактивный снаряд для поражения самолетов	BBC	HFW	O	[9, 10, 25, 95]
„Гуккепак"	B	Система для использования самолетов, отработавших ресурс (например, He-177) в качестве носителя заряда (ср. с американской системой „Внэри Виллн")	BBC	Различные фирмы	E	A
„Изэгрим"	AB	Активный магнитостатический автоматический взрыватель	BBC	?	?	[46]
„Кай"	T	Передатчик управления по радио к системе „Когге"	BBC	„Телефункен"	F	[46]
„Какаду"	AB	Неконтактный взрыватель приближения. основанный на активном высокочастотном методе	BBC	„Донаг"	F	[46, 47]
„Картэ"	T	Приставка к датчику „Клаппер" для управления в прямоугольных координатах	BBC	„Телефункен"	V	A
„Кель"	T	Командный передатчик управления по радио ультракоротковолнового диапазона с принадлежностями (модулятор, датчик команд)	BBC	„Телефункен", „Опта—Лейпциг"	E	[46, 47, 97]
„Кель" I, III, IV	T	Бортовые передающие установки управления по радио с передатчиком „Кель"	BBC	LVP	E	A
„Кель" II	T	Наземная передающая установка для управления по радио „MO-12"	BBC	„Лоренц"	O	A
„Кельгейм"	T	Наземная передающая установка управления по радио	BBC	„Телефункен"	O	[47]
„Киршкерн"	B	См. Fi-103				
„Клаппер"	T	Датчик команд „Когге" в различных конструктивных вариантах	BBC	„Телефункен"	V	A
„Когге"	T	Система управления по радио в диапазоне дециметровых волн. Система включает универсальные приборы и установки	BBC	„Телефункен"	F	[15, 46, 47]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Кольберг"	Т	Приемник управления по радио с частотной модуляцией ультракоротковолнового диапазона к передатчику „Грайфсвальд"	ВВС	„Стару"	О	А
„Компас"	Т	Часть датчика „Клаппер" для управления в полярной системе координат	ВВС	„Телефункен"	V	А
„Корфу"	ОК	Приемник пеленгации цели или выхода на цель	ВВС	„Блаупункт"	Е	[1, 45]
„Корфу V"	ВЦ	Прибор полета на радиолокационную станцию сантиметрового диапазона (модификации „Мах Р").	ВВС	„Блаупункт"	Е	[49]
„Коттбус С"	С	Инфракрасный прибор самонаведения, подобный „Гамбургу", но с термоэлементом	ВВС	„Классен"	V	[45.1]
„Коттбус Z"	С	То же, но с болометром	ВВС	„Цейс"	V	[45.1]
„Кран"	Т	Передатчик к системе „Когге", окончательный конструктивный вариант	ВВС	„Телефункен"	О	[46]
„Куглокке"	АВ	Пассивный электростатический дистанционный взрыватель	ВВС	?	?	[46]
„Кульмбах"	ОК	Радиолокатор обзора дла станции „Эгерланд"	ВВС	„Телефункен"	F	[15]

„Куно"	Т	Модулятор для „Когге"	ВВС	„Телефункен"	V	А
„Лерхе"	УЦ	Система телеуправления морской торпедой по проводной линии связи; наведение производилось по акустическому пеленгу цели	ВМС	Торпедная комиссия, Атлас	V	[46]
„Лихт"	ОК	Полуактивная высокочастотная система самонаведения на цель (ср. с „Мориц")		Сименс—RPF	V	[45, 49, 50, 51]
„Лихтавтомат"	С	Пассивный оптический прибор самонаведения с иконоскопом	ВВС	Гольнов (доктор Рамбауске)	V	[48]
„Линзэ"	С	Пассивный прибор самонаведения, реагирующий на световые или инфракрасные излучения	ВМФ	AEG, GEMA	О	[48]
„Лукс"	С	Пассивный акустический прибор самонаведения для зенитных ракет	ВВС	RPF	V	[48]
„Мадрид"	С	Инфракрасный прибор самонаведения, подобный прибору „Гамбург"	ВВС	„Кепка—Вин"	V	[48]
„Мангейм-Ризе"	ОК	Радиолокационная установка для определения координат цели в пространстве, предназначена для систем „Эльзас" и „Брабант"	ВВС	„Телефункен"	О	[47]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Марабу"	АВ	Дистанционный взрыватель, основан на принципе FuG-101	ВВС	„Сименс"	F	[46, 47]
„Марбах"	ОК	Радиолокационный прибор определения координат цели сантиметрового диапазона для системы „Эгерланд" (в установке „Ганза")	ВВС	„Телефункен"	F	[15]
„Марбург"	Т	Приемник телеуправления по радио, подобен приемнику „Страсбург", но с плавной фазовой коммутацией	ВВС	„Стару"	V	А
„Макс"	С	Высокочастотный прибор самонаведения в трехсантиметровом диапазоне	ВВС	„Блаупункт"		[48, 49]
„Макс-А"		Активный прибор с непрерывным излучением высокочастотных колебаний	—	—	О	—
„Макс Р"		Пассивный прибор для выхода на радиолокационную станцию сантиметрового диапазона („Мэддо")	—	—	F	—
„Майзэ"	АВ	Акустический дистанционный взрыватель для Х-4	ВВС	Рурршталь, Донаг	F	А
„Мистэль"	В	Самолетная пара „Хукспак"	ВВС	—	Е	[12]
„Мориц"	С	Полуактивный высокочастотный прибор самонаведения, реагирующий на широкополосный спектр излучений цели, облучаемой наземным передатчиком	ВВС	RPF	V	[48, 50, 51]
„МО-12"	В	См. „Аргус-Проект"				
„Назхорн"	Т	Наземная установка, создающая направляющую плоскость для наведения ракеты А-4; рабочая частота установки 500 *мгги*	СА	„Телефункен"	V	[11]
„Наттэр"	В	Пилотируемый реактивный истребитель с автоматическим управлением во время вертикального взлета	ВВС	Бахэм	О	[9, 10, 105, 106]
„Наксос"	ОК	Приемник детекторного типа подслушивания и пеленгации сантиметровых радиолокационных станций	ВВС	„Телефункен"	Е	[1, 15, 45]
„Наксос Z"	ВЦ	Прибор для полета на станцию „Роттердам" и др.	ВВС	„Телефункен"	?	[45]
„Нульцир-кель"	Т	Установка для создания направляющей плоскости для управления ракетой А-4	СА	?	?	[46]
NY	Т	Система телеуправления морской торпедой с самолета по радиолинии на длинных волнах	ВМФ, ВВС	TVA-Сименс	О	А
NYK	—	Система телеуправления морской торпедой по проводной линии связи с берега или с борта судна	ВМФ	TVA	О	[46]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Остерхазэ"	Т	Наземный передатчик для системы „Гавайи"	СА	„Телефункен"	?	[46]
„Папагай"	Т	Бортовой приемник ракеты А-4 для наведения поредством направляющей плоскости	СА	„Телефункен"	Е	[46]
„Папагайст"		Подобен приемнику „Папагай" со стальными трубками	СА	„Телефункен"	?	[46]
„Папагайст Z"	Т	Бортовой приемник ракеты А-4, наводимой по направляющей плоскости, создаваемой установкой „Нульциркель"	СА	„Телефункен"	?	[46]
„Пиншер"	АВ	Взрыватель приближения, подобный взрывателю „Какаду", но работающий на более длинных волнах	ВВС	?	?	[46]
„Пинзель"	УЦ	Телевизионный прибор для наведения на цель, подобный прибору „Тоннэ"	ВВС	?	?	[46]
„Пистоле"	АВ	Оптический дистанционный взрыватель	ВВС	AEG	О	[46]
„Поль"	Т	Приставка к датчику команд „Клаппер" для управления в полярной системе координат	ВВС	„Телефункен"	V	А
„Потсдам"	Т	Система передачи команд телеуправления для ракеты А-4	СА	?	?	[46]
„Радишен"	С	Пассивный прибор самонаведения для установки в падающей бомбе „Фриц-X" для поражения наземных радиопередающих станций	ВВС	RPF	V	[48]
„Рейнботэ"	Р	Четырехступенчатая ракета дальнего действия класса „земля—земля" с пороховыми реактивными двигателями (неуправляемая)	СА	RhB	Е	[9, 11]
„Рейнгольд"	Т+ОК	Пункт пеленгации и определения координат зенитных ракет с пунктом управления	ВВС	„Телефункен"	О	[47]
„Рейнланд"	Т+ОК	Система управления зенитными ракетами; общее название	ВВС	„Телефункен"	V	[10, 46, 47, 114]
„Рейнланд oV"	Т+ОК	Наземная установка для оптического наблюдения за управляемой зенитной ракетой	ВВС	„Телефункен"	О	[46, 47]
„Рейнланд S"	Т+ОК	„Рейнланд" с системой, обеспечивающей переход на планирование вертикально стартующих ракет „Вассэрфаль"	ВВС	„Телефункен"	V	[46, 47]
„Рейнтохтэр"	Р	Двухступенчатая телеуправляемая зенитная ракета	ВВС	RhB	О	[9, 10, 47, 95]
R-1	—	„Рейнтохтэр" со стартовым весом 1750 *кг*	—	—	—	[9]
R-3	—	То же, 976 *кг*	—	—	—	[9]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
R-4 M	Р	Неуправляемый реактивный снаряд класса „воздух—воздух"	ВВС	RhB	E	[11, 25]
RT-101	С	Оптический прибор самонаведения для падающих бомб	ВВС	DVL	O	[29]
„Ризэ"	ОК	Радиолокационная станция с 7-метровым отражателем; усовершенствованный вариант станции „Вюрцбург"	ВВС	„Телефункен"	E	[15]
„Рюзэ" („Рюк-Зэндэр")	ОК	Передатчик пеленга на борт зенитных ракет	ВВС	„Телефункен"	F	[47]
„Шемттэрлинг"	Р	Телеуправляемая зенитная ракета, то же, что и Hs-117	ВВС	HFW	F	[9—11, 47, 95]
„Шнабэль"	С	Приборы самонаведения для зенитных ракет	ВВС	?	?	[46]
„Шус-Мах"	С	Вариант высокочастотного прибора самонаведения для управления оружием ночного истребителя	ВВС	„Блаупункт"	V	[49]
„Шван-Ланд"	ОК	Радиобуй, сбрасываемый в назначенном месте, сигналы которого могут восприниматься высокочастотным прибором выхода на цель	ВВС	FFO-Гетевент	?	[45]
SD-1400 X	В	То же, что и „Фриц-Х"	ВВС	DVL, RhB	E	[25, 97]
„Зеедорф"	УЦ	Телевизионная приемная установка для „Тоннэ"	ВВС	Компания Фернзее	F	[27, 98]
„Ски-Баутэн"	—	Стартовая платформа для запуска Fi-103	ВВС	Организация „Толт"		[11]
„Зёнляйн"	Т	Бортовая установка для телеуправляемых зенитных ракет (входит в систему „Рейнланд")	ВВС	„Телефункен"	O	[46, 47]
„Шпроттэ"	УЦ	Телевизионная головка для зенитных ракет	ВВС	„Фернзее-RPF", „Телефункен"	O	[48, 49]
„Санкт-Мориц"	УЦ	Приемник выхода на цель в системе „Лихт"	ВВС	RPF	V	[50]
„Страсбург"	Т	Приемник управления по радио в УКВ (для работы с передатчиком „Кель")	ВВС	„Стару"	E	[15, 46, 47, 97]
„Страсбург Н"	Т	Приемник „Страсбург" с дополнительным устройством для приема команды дистанционного взрыва	ВВС	„Стару"	F	A
„Тасо"	М—Т	Система телеуправления катера с несущими плоскостями с быстроходного катера или с земли	ВМФ	?	?	[46]
„Тайфун"	Р	Неуправляемая залповая зенитная ракета	?	HVP	E	[9]
„Тоннэ"	УЦ	Телевизионная камера для наведения на цель	ВВС	„Фернзее"	F	[46, 48, 27, 98, 99]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Тоннэ А"	—	Вариант для установки на „Hs-293" и других	ВВС	„Фернзее"	F	[46, 48]
„Тоннэ Р"	—	Вариант для установки на танке В-4	СА	„Блаупункт"	O	[48]
„Трихтэр"	АВ	Высокочастотный взрыватель приближения использовался в комплекте с прибором самонаведения „Макс А"	ВВС	„Блаупункт"	V	[49]
Фау-1	В	То же, что и Fi-103; боевое применение с 12 июня 1944 г.	ВВС	Физэлер-LVP	E	[8, 11, 25]
Фау-2	Р	То же, что и А-4; боевое применение началось с 8 сентября 1944 года	СА	HVP	E	[8, 11]
Фау-3	Р	Название снаряда „Шметтерлинг" для пропагандистских целей(?)			F	[95]
Система V/H	Т	Система, создающая радиолуч для управления в вертикальной и горизонтальной плоскостях	ВВС	?	V	A
„Везув"	Т	Общее название системы управления по радио	ВВС	—	—	A
„Вассэрфаль"	Р	Телеуправляемая сверхзвуковая зенитная ракета с вертикальным стартом	СА, ВВС	HVP	O	[9, 10, 11, 25, 47]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
„Вассэр-линзэ"	С	Дальнейшая модификация прибора „Линзэ"	ВМФ	AEG, GEMA	V	[48]
„Вассэрман-Хальбе"	ВЦ	То же, что и система „Лихт"	ВВС	„Сименс"	V	[45]
„Виндхунд"	С	Пассивный высокочастотный прибор самонаведения для полета на американскую бортовую радиолокационную станцию	ВВС	RPF	?	[48]
„Вюнсдорф"	(АВ)	Инфракрасный прибор для автоматического приведения в действие бортового оружия при пролете над танками и локомотивами	ВВС	ELAC	?	[45.1]
Х-Хальбе	(ВЦ)	Прибор выхода на самолет, имеющий на борту ту или иную радиолокационную установку	ВВС	„Сименс"	?	[45]
Х...	В	Крестокрылые объекты различных конструкций	ВВС	DVL	—	—
Х-1	В	То же, что и „Фриц-Х" и SD 1400-X	ВВС	DVL—RhB	E	[9, 10, 25]
Х-2, Х-3	В	Дальнейшие модификации „Х-1"	ВВС	DVL	?	[9, 30]
Х-4	Р	Реактивный снаряд класса „воздух—воздух". Вес снаряда 60 *кг*, управление осуществляется по проводной связи	ВВС	„Руршталь"	F	[9, 10, 11, 25, 95]
Х-5, Х-6	В	Подобны Х-1, но значительно большего калибра (бронебойная бомба весом 2500 *кг*)	ВВС	DVL	?	[9]

Название	Род объекта	Характеристика снаряда или установки	Вид вооруженных сил	Кем разработан или фирма	Состояние	Источники
X-7	P	Противотанковая ракета малого калибра, управляемая по проводной линии связи	СА	?	O	[9, 10, 25]
„Церинген"	M	Телеуправляемое судно, применяемое в качестве мишени	ВМФ	(Сименс)	(E)	—
„Цаункёниг"	C	Пассивный акустический прибор самонаведения для торпед	ВМФ	Торпедная комиссия „Атлас"	E	[14]
„Цоссен"	(AB)	Инфракрасный прибор для автоматического открытия огня из бортового оружия (для Me-163)	ВВС	AEG	?	[45.1]

Таблица 10

3.32. НЕМЕЦКОЕ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОЕ (И РОДСТВЕННОЕ ЕМУ) ОРУЖИЕ

Старт			Род цели	Вид управляемого объекта	Название	Двигатель или движитель	Вид управления	Линия телеуправления	Способ управления	Состояние
Место старта	Вид старта	Характер старта и вид стартового устройства								
Земля	Отъезд		Наземные	Подрывной танк	„Голиаф"	Гусеницы	Телеуправление	Проводная	Отдельные команды	E
Земля	Отъезд		Наземные	Носитель подрывного заряда		Гусеницы	Телеуправление	Радио	То же	F
Земля	Пуск	Свободный вертикальный; стартовая установка	Наземные площадные	Самолет-снаряд	Fi-103— Фау-1	„Аргус-Рор"	Автономное	—	По трем осям	E
Земля	Пуск	Свободный вертикальный; стартовая установка	Наземные площадные	Ракета дальнего действия	A-4 — Фау-2	ЖРД	Автономное + телеуправление	Радио	По трем осям, по лучу и азимут. плоск.	E
Земля	Пуск	Пусковая установка	Танки	Ракетный снаряд небольшого калибра	X-7	Пороховой РД	Телеуправление	Проводная	Непрерывное	O
Земля	Пуск	Пусковая установка	Самолеты	Зенитная ракета	„Фоерлилие"	Пороховой РД	Автономное	—	По двум осям	O
Земля	Пуск	Пусковая установка	Самолеты	Зенитная ракета	„Рейнтохтэр"	Пороховов. двухступенчатый	Телеуправление	Радио		

Старт: Место старта	Старт: Вид старта	Старт: Характер старта и вид стартового устройства	Род цели	Вид управляемого объекта	Название	Двигатель или движитель	Вид управления	Линия телеуправления	Способ управления	Состояние
Земля	Пуск	Пусковая установка	Самолеты	Зенитная ракета	„Энциан"	ЖРД	Телеуправление	Радио	Непрерывное	O
		Пусковая установка	Самолеты	Зенитная ракета	„Шметтерлинг"	ЖРД	Телеуправление	Радио		Г
		Свободный вертикальный	Самолеты	Зенитная ракета	„Вассэрфаль"	ЖРД	Телеуправление	Радио		O
		Стартовая установка, вертикальный		Реактивный истребитель	„Наттэр"	ЖРД	Автоматическое (только во время старта)			O
Берег или судно	Отъезд	Труба	Надводные	Быстроходный катер	„Тассо", „Флитцер"	Винт	Телеуправление	Радио	Непрерывное	?
	Пуск		Подводные	Торпеда	NYK	Винт	Телеуправление	Проводная	Непрерывное	O
Подводная лодка	Пуск	Труба	Подводные	Торпеда	„Лерхе"	Винт	Телеуправление	Проводная	Наведение по звуковым излучениям	V
	Пуск	Труба	Подводные	Торпеда	„Цаункёниг"	Винт	Самонаведение	Проводная	Акустическое самонаведение	E

Старт: Место старта	Старт: Вид старта	Старт: Характер старта и вид стартового устройства	Род цели	Вид управляемого объекта	Название	Двигатель или движитель	Вид управления	Линия телеуправления	Способ управления	Состояние
Самолет	Пуск	Свободный	Наземные или морские	Падающая бомба	FB-1000	Без двигателя	Телеуправление	Радио	Непрерывное	V
				Падающая бомба	„Фриц-X"	Без двигателя	Телеуправление	Радио или проводная	Непрерывное	E
			Площадные	Планирующая бомба	GB-200	Без двигателя	Автономное	—	По двум осям	V
			Площадные	Планирующая бомба	BV-246	Без двигателя	Автономное	—	По трем осям	V
			Наземные или морские	Планирующая бомба	Hs-293	ЖРД	Телеуправление	Радио или проводная	Непрерывное	E
				Планирующая бомба	Hs-295	ЖРД	Телеуправление			V
			Морские	Планирующая бомба с устройством для входа в воду	Hs-294	ЖРД	Телеуправление			O
			Морские	Надводная торпеда	BV-143	ЖРД	Автономное (+ телеуправление)	Радио	По азимуту, по трем (двум) осям	

Старт			Род цели	Вид управляемого объекта	Название	Двигатель или движитель	Вид управления	Линия телеуправления	Способ управления	Состояние
Место старта	Вид старта	Характер старта и вид стартового устройства								
	Отлет		Морские	Торпеда	NY	Винт	Телеуправление	Радио	Непрерывное	O
	Отлет		Наземные, морские или воздушные	Самолет, как носитель заряда	„Гукепак", „Мистэль"	Винт	Телеуправление	Радио	Непрерывное	E
	Пуск	Направляющая	Самолет	Реактивный снаряд класса „воздух—воздух"	X-4	ЖРД	Телеуправление	Проводная	Непрерывное	F
	Пуск	Направляющая	Самолет	То же	Hs-298	Пороховой	Телеуправление	Радио	Непрерывное	O

Таблица 11

3.33. НЕМЕЦКИЕ ПРИБОРЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Линия связи	Способ телеуправления	Название		Несущая частота	Вид модуляции		Объект управления	Состояние
		передатчика	приемника		команд	для передачи		
Радио	Отдельные команды	FuKS-8	FuKS-8	УКВ	Комбинация 5НЧ	ЧМ	B-4 (танк)	F
Радио	Отдельные команды	„Кель"	„Страсбург"	УКВ	ВМ-А-4 НЧ	АМ	Бомбы и зенитные ракеты	E
Радио	Отдельные команды		„Марбург"	УКВ	ВМ-Ч-2 НЧ	АМ	Бомбы и зенитные ракеты	V
Радио	Отдельные команды		„Кольмар"		ВМ-А-4 НЧ	АМ	Hs-298, Hs-117	F
Радио	Непрерывное	„Грайфсвальд"	„Кольберг"	УКВ	ВМ-А-4 НЧ	ЧМ	—	O
Радио	Непрерывное	„Кай", „Кран" — „Когге"	„Бриг", „Фрегат"	Дециметровые волны	ВМ-Ч-2 НЧ	АМ	Любой	F, O
Радио	Непрерывное	NY		Децим. волны 100 *кгц*	?	АМ	Торпеды	O
Радио	По лучу	„Гавайи"	„Папагай (ст.)"	УКВ	50 *гц*—2НЧ		А-4	E
Однопроводная	Непрерывное	NYK		?	?	—	Торпеды	O
Однопроводная	Отд. команды	„Голиаф"		Постоян. ток	Импульсы	—	Танкетка	E
Двухпроводная	Непрерывное	„Дюссельдорф"	(X-4)	Постоян. ток	ВМ-А-±	—	X-4	F
Двухпроводная	Непрерывное	„Дюреи"	„Детмольд"	Постоянный ток	ВМ-А-±	—	„Фриц-X"	F
Двухпроводная	Непрерывное	„Дортмунд"	„Дуйсбург"	Низкая частота	ВМ-Ч-2 НЧ	—	Hs-293	E

Примечание: ВМ — временная модуляция; А — амплитудная манипуляция; Ч — частотная манипуляция; АМ — амплитудная модуляция; ЧМ — частотная модуляция; НЧ — низкая частота.

Таблица 12

3.34. НЕМЕЦКИЕ ПРИБОРЫ УКАЗАНИЯ ЦЕЛИ И САМОНАВЕДЕНИЯ

Форма энергии	Метод	Название	Диапазон волн	Род цели	Назначение	Технические особенности	Состояние
Высокочастотные электромагнитные колебания	Пассивный ВЦ	„Фленсбург"	1,35—1,75 *м*	Бортовая радиолокационная станция ASV и передатчик помех	Истребители (ночные)	—	?
		„Корфу"	8—12 *см*	Бортовая радиолокационная станция „Роттердам"	Истребители (ночные)	Гетеродинный приемник с рупорной антенной	E
		„Корфу V"	3,1 *см*	Бортовая радиолокационная станция „Мэддо"	Истребители (ночные)	Модификация „Макс'а"	E
		„Наксос Z"	2,4—11 *см*	Бортовая радиолокационная станция	Истребители (ночные)	Детекторный приемник с диэлектрической антенной	?
	Полуактивный ВЦ	„Санкт Мориц"	Дециметровый	Воздушные	Истребители (ночные)	Система „Лихт"	V
	Пассивный С	„Радисхен"	КВ—УКВ	Наземный передатчик	Падающие бомбы	Рамка+диполь	V
		„Макс P"	3,1 *см*	Бортовая радиолокационная станция „Мэддо"	Зенитные ракеты	Клистронный приемник с диэлектрической антенной	F
		„Виндхунд"	Сантиметровый	Бортовая радиолокационная станция	Зенитные ракеты	—	?
Высокочастотные электромагнитные колебания	Активный	„Макс А"	3,9 *см*	Воздушные	Зенитные ракеты	Магнетронный передатчик непрерывной генерации	O
	Активный	„Даккель"	Дециметровый	Воздушные	Зенитные ракеты	Радиолокационный передатчик импульсного излучения	?
	Полуактивный С	„Мориц"	Дециметровый	Воздушные	Зенитные ракеты	Система „Лихт"	V
Инфракрасные излучения	Пассивный	„Гамбург"	1—3,5 *мк*	Воздушные (и морские)	Зенитные ракеты (и сбрасываемые объекты)	Фотоэлемент, отражатель, диск со специальным вырезом	O
		„Мадрид"	1—3,5 *мк*	Воздушные	Зенитные ракеты	То же	V
		„Армин"	1—3,5 *мк*	Воздушные	Зенитные ракеты	Фотоэлемент	V

Форма энергии	Метод	Название	Диапазон волн	Род цели	Назначение	Технические особенности	Состояние
Инфракрасные излучения	Пассивный	(„Рейнметалл")	1—3,5 *мк*	Воздушные	Зенитные ракеты	Фотоэлемент, два модулирующих диска	V
		„Эмден I"	1—3,5 *мк*	Воздушные (и морские)	Зенитные ракеты (и сбрасываемые объекты)	Фотоэлемент, линза, диск, дающий координаты в полярной системе	O
		„Эмден II"	1—3,5 *мк*	Воздушные	Зенитные ракеты	Фотоэлемент, диск для получения координат в прямоугольной системе	V
Инфракрасное излучение	Пассивный С	„Коттбус С"	Инфракрасный			Термоэлемент	V
		„Коттбус Z"	Инфракрасный			Болометр	V
Инфракрасное или видимое излучение	Пассивный С	(Вассэр-Линзе)	Инфракрасный или световой	Морские	Быстроходные катера	Фотоэлемент, модулирующий диск	O
Видимое излучение		„Эмден-Тад"	0,4—0,8 *мк*	Модулированный источник света	(Метод)	Фотоэлемент, эксцентричный диск	V
		RT 101	0,4—0,8 *мк*	Морские	Падающие бомбы	Фотоэлемент, высотный регулятор	O
		„Лихт-автомат G"	0,4—0,8 *мк*	Наземные и морские	Сбрасываемые объекты	Иконоскоп	V
	Пассивный УЦ	„Тоннэ А"	(Дециметровый)	Наземные и морские	Hs-293	Суперико, 441 строка	F
		„Тоннэ Р"	УКВ	Наземные	Танки (В-4)	Суперико, 441 строка	
		„Шпроттэ"	(Дециметровый)	Воздушные	Зенитные ракеты	Суперико, косые растры	O
		FB-50		Воздушные	Зенитные ракеты	Диск Нипкова, 50 строчек	V
		„Адлер"		Наземные и морские	Сбрасываемые объекты	Иконоскоп, спиральная развертка	V

Форма энергии	Метод	Название	Диапазон волн	Род цели	Назначение	Технические особенности	Состояние
Звуковые колебания в воздухе	Пассивный С	„Дог"	100—200 *гц*	Воздушные	X-4	2 микрофона, вращающийся маховик	O
	Пассивный С	„Люкс"	НЧ	Воздушные	Зенитные ракеты	4 микрофона, 1 усилитель	V
	Активный	ELAC	НЧ	Воздушные	Зенитные ракеты	8 микрофонов, 4 усилителя	V
Звуковые колебания в воде	Пассивный С	„Цаункёниг"	НЧ	Водные объекты	Торпеды	2 магнитострикционных приемника	E
Звуковые колебания в воздухе	Пассивный УЦ	„Лерхе"	35 *кгц*	Водные объекты	Торпеды	Управление по проводам с подводной лодки	?
	Активный	„Гайер"	:	Водные объекты	Торпеды	—	V

Примечание: ВЦ — прибор выхода на цель; УЦ — прибор наведения на цель или система наведения на цель; С — прибор самонаведения; КВ — короткие волны, УКВ — ультракороткие волны, НЧ — область низких частот.

Таблица 13

3.35. НЕМЕЦКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЗРЫВАТЕЛИ

Форма энергии	Метод	Название	Технические особенности	Состояние
Электростатическое поле	Пассивный (дистанционный)	„Куглокке"	Электрический заряд самолета	?
Электростатическое поле	Активный (приближения)	(AEG)	Изменение емкости (проводник в электрическом поле)	O
Магнитостатическое поле	Активный (?)	„Изэгрим"	Изменение индуктивности (железо в магнитном поле)	?
Магнитостатическое поле	Активный (дистанционный)	„Магнетминен"	То же	E
Высокочастотные электромагнитные колебания	Активный (приближения)	„Какаду"	Эффект Допплера (дециметровые волны)	F
	Активный (?)	„Пиншер"	Эффект Допплера (метровые волны)	?
	Активный (приближения)	„Трихтэр"	Эффект Допплера (сантиметровые волны, дисковая диаграмма, комбинируется с „Макс А")	V
	Активный (?)	FuG-380	Синхронное детектирование, обратное влияние через антенну	?
	Активный (дистанционный)	„Марабу"	Изменение частоты по пилообразному закону аналогично высотомеру FuG-101	F
Видимое излучение	Активный (дистанционный)	„Пистоле"	Отражение модулированного света	O
Звуковые колебания в воздухе	Пассивный (дистанционный)	„Майзэ"	Микрофон в головке X-4	F

Таблица 14

3.4. АМЕРИКАНСКИЕ И АНГЛИЙСКИЕ ОБРАЗЦЫ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ОРУЖИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ К НИМ

Название	Страна	Характеристика снаряда или установки	Литература
„Азон"	А	Система управления по радио телеуправляемой бомбой с самолета-матки. Управление только относительно вертикальной оси	[28]
„Антидайвер"	А	Радарная установка SCR-584 для борьбы с самолетами снарядами Фау-1	[28]
„Аэроби"	А	Высотная ракета, дальнейшая модификация „Винэс" — высотный зонд	[9, 10]
„Бампер"	А	Двухступенчатая высотная ракета, состоящая из А-4 в качестве первой и „ВАК-Корпорал" в качестве второй ступени	
„Блок"	А	Общее обозначение для телевизионного оборудования телеуправляемых объектов	[28]
„Бойлэр"	А	Телеуправляемый летательный объект	[28]
„Бомарк"	А	Телеуправляемая сверхзвуковая зенитная ракета (Боинг)	[115]
„Бэкфайр"	Б	Исследования, проведенные англичанами после войны, на захваченных образцах телеуправляемого оружия типа Фау	[11]
„Бэт"	А	Планирующая бомба. Наведение по радиолучу или самонаведение по активному методу (ВМС)	[9, 95, 115]
„ВАК-Корпорал"	А	Высотная ракета весом 300 *кг*, полезный груз 11 *кг*, также может применяться с А-4, как первой ступенью (см. „Бампер")	[9, 10]
„Викинг"	А	Высотная ракета весом 5 *т*; вес двигателя 9 *т*, может применяться как ракета дальнего действия („Глен Мартин")	[9, 10, 115]
„Винэс"	А	Высотная ракета с полезным грузом 70 *кг* (измерительная аппаратура)	[9]
„Гаргойл"	А	Бронебойная планирующая бомба весом 1000 фунтов с реактивным двигателем. Управление по радио или путем самонаведения	[9, 28, 95]
„Гломб"	А	Планирующая бомба весом 4000 фунтов с реактивным двигателем и телевизионным указанием цели (к цели буксируется истребителем)	[28,95]
„Горгон"	А	Реактивный снаряд класса „воздух—воздух" с телеуправлением по радио или с приспособлением для самонаведения (ВМС)	[9, 28, 95]
„Гринботл"	А	Прибор выхода на цель, являющуюся радиолокационной станцией подводной лодки	[28]
„Додар"	А	Прибор для определения направления на цель и дальности до цели при помощи ультразвука (подобен „Содар")	[28]
„Дрэгон"	А	См. „Рок"	
„Конвэр 774"	А	Послевоенная высотная ракета, подобная А-4	[9]
„Корпорал Е"	А	Телеуправляемая ракета дальнего действия	[115]
„Кроссбоу"	Б	Операция союзников по уничтожению наземных установок для запуска снарядов типа Фау	[11]
„Ларк"	А	Зенитная ракета фирмы „Ферчайлд" с приспособлением для самонаведения	[25, 115]
„Литл Джо"	А	См. KAN	[9, 28]
„Лун"	А	Модификация Фау-1 для подводного старта (ВМС)	[115]
„Мадам-Х"	А	Высокочастотный взрыватель приближения	[28]
„Майти Маус"	А	Неуправляемый реактивный снаряд, старт осуществляется с самолета, используется электронный прицел	[25, 115]
„Матадор"	А	Мартин В-61. Телеуправляемый самолет-снаряд дальнего действия	[25, 115]
„Мафф"	А	Телеуправляемый объект	[28]
„Мот"	А	Бомба с устройством самонаведения для выхода на передатчик радиолокационной станции обнаружения противника	[28]

Название	Страна	Характеристика снаряда или установки	Литература
,,Найк"	А	Зенитная ракета с прибором самонаведения (,,Дуглас-Уэстэрн Электрик")	[15, 25, 115]
,,Нептун"	А	Вариант, предшествовавший ракете ,,Викинг"	[9]
,,Нэйтив"	А	Телеуправляемая ракета весом 570 *кг*	[9]
,,Пеликан"	—	Телеуправляемый снаряд	[28]
,,Разон"	А	Как Азон, но управление осуществляется по двум координатам прямоугольной системы управления ,,Фриц-Х"	[28]
,,Регулус"	А	Самолет-снаряд; старт может производиться с побережья, корабля или подводной лодки (ВМС—Чанс Воут)	[115]
,,Рекс"	А	Импульсная система для телеуправления	[28]
,,Рок"	А	Телеуправляемый объект с телевизионным указанием цели	[28]
,,Сноуфлэйк"	А	Ракета для подъема на высоту фольги с целью создания помех в работе радиолокационной станции (,,Уиндоу", ,,Дюппель")	[28]
,,Содар"	А	Саунд Радар — звуковой локатор (лаборатория ,,Белл")	[28]
,,Сонар"	А	,,Саунд Навигейшн энд Рэйнджинг", звуковой гидролокатор. Общее обозначение для приборов, предназначенных для определения положения объекта под водой по звуковым колебаниям	[28, 103]
,,Софар"	А	,,Саунд Файндинг энд Рэйджинг" — звуковой локатор (ВМС)	[28]
,,Спэньэл"	А	Реактивный снаряд, телеуправляемый по радио. Стрельба с самолета-истребителя	[28]
,,Студж"	А	См. ,,Фэйри Рокет"	[25]
,,Тайни Тим"	А	Ракета для запуска ,,Джабо" (ВМС)	[115]
,,Тайэмет"	А	Телеуправляемая ракета весом 2000 *кг*	[9]
,,Террнер"	А	Телеуправляемая зенитная ракета ,,Конвэр"	[25, 115]

Название	Страна	Характеристика снаряда или установки	Литература
,,Ти"	А	Передатчик помех, устанавливаемый на борту корабля против телеуправляемых объектов	[28]
,,Уиэри Вилли"	А	Система для использования самолетов, отработавших ресурс в качестве телеуправляемого оружия, например бомбардировщик В-17 (ср. с ,,Гукепак")	[28, 115]
	А	Телеуправляемая ракета, подобная ,,Горгон"	[9]
,,Файрбёрд"	А	Реактивный снаряд Фирмы ,,Райен" класса ,,воздух—воздух" с полуактивным высокочастотным прибором самонаведения	[25, 115]
,,Файрби"	А	Райен Q-2 безэкипажный самолет, применяемый как зенитная мишень	[115]
,,Феликс"	А	Бомба весом 1000 или 2000 фунтов с инфракрасным устройством для самонаведения	[28]
,,Фэни"	А	Приставка к бортовому самолетному приемнику для выхода на цель, которой является передатчик помех или радиолокационная станция	[28]
,,Фэйри Рокет"	Б	Телеуправляемая зенитная ракета (подобна ракете ,,Шметтэрлинг")	[9]
,,Хайдробомб"	А	Торпеда, сбрасываемая с самолета. Движение под водой осуществляется посредством реактивного порохового двигателя	[9]
,,Эдвард"	Б	Танк, телеуправляемый по радиолинии	[28]
BRLG	А	Высокочастотный дистанционный взрыватель для взрыва бомб у земли. Действие взрывателя основано на эффекте Допплера	[28]
BRTG	А	Взрыватель приближения, обеспечивающий взрыв при пролете на минимальном расстоянии от цели	[28]
ED-1	А	Эхо Допплер-индикатор	[28]
GARF	А	Наземный дистанционный взрыватель, подобный BRLG	[28]
GB	А	Планирующая бомба	[28]
GMCM	А	Устройство для создания помех, затрудняющих применение телеуправляемых объектов	[28]

Название	Страна	Характеристика снаряда или установки	Литература
JB-1A	А	Самолет-снаряд весом 3000 *кг*, подобный Фау-1 (старт осуществляется посредством катапульты)	[95]
KAN	А	Телеуправляемая зенитная ракета с взрывателем приближения	[9]
LBD	А	См. „Гаргойл"	[9]
MABS	А	Магнитный дистанционный взрыватель	[28]
MX-570	А	Реактивный снаряд, наведение по лучу (НАКА)	[9]
MX-904	А	Планирующая бомба (Хьюз)	[25]
PB-4Y	А	См. „Горгон"	[9]
PDB	А	Бомба с реактивным двигателем	[28]
PF	А	Дистанционный взрыватель или взрыватель приближения	[28]
RCM	А	Мина, приводимая в действие по радио	[28]
RHB	А	Бомба, предназначенная для поражения кораблей, облучаемых передатчиком радарной станции (полуактивный метод самонаведения)	[28]
RRLG	А	Дистанционный взрыватель, подобный BRLG, но предназначенный для реактивных снарядов	[28]
RRP	А	Взрыватель приближения, работающий на принципе отражения целью высокочастотных колебаний	[28]
SRB	Б	Бомба с активной системой самонаведения на высокой частоте	[28]
VE 24/43	Б	Сверхзвуковая ракета „Виккерс-Армстронг" с автономным управлением	[9]

Примечание. В графе 2 указана страна, к которой относится данный образец или название: А — США; Б — Англия.

3.4. ОБЗОР АНГЛИЙСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ ОБРАЗЦОВ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ОРУЖИЯ И ПРИБОРОВ УПРАВЛЕНИЯ

Табл. 14 содержит названия некоторых американских и английских образцов управляемого оружия и приборов телеуправления. В графе 4 указан источник в соответствии с перечнем литературы, помещенном в конце книги.

3.5. НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ОБРАЗЦОВ НЕМЕЦКОГО ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ОРУЖИЯ ПЕРИОДА ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Согласно обзору, данному в разделе 3.3, перейдем теперь к описанию важнейших устройств телеуправления. Вначале целесообразно рассмотреть отдельные приборы и установки (3.51), чтобы при последующем рассмотрении систем в целом (3.52) можно было бы ссылаться на первые. Порядок изложения данного раздела соответствует порядку расположения материала в табл. 11—13.

3.51. Отдельные приборы и установки

3.511. *Приборы телеуправления* (ср. 3.33, табл. 11);

3.511.1. Системы управления по радио (2.331.11);

3.511.11. Система управления по радио FKL-8. Эта система предназначалась для передачи многократных отдельных команд (2.311.21 и 2.612) и была разработана и изготовлена фирмой „Блаупункт-Верке" специально для телеуправления гусеничными объектами („В-4", см. 3.526.12). Разработка системы базировалась на предварительно проведенных исследовательских работах. Здесь же был использован и опыт управления по проводной линии связи танкеткой „Голиаф" (3.511.21, 3.526.11).

Система FKL-8 в принципе работала по схеме, представленной на рис. 9 и 12. Принципиальные схемы приемника и передатчика изображены на рис. 41 и 42.

Принцип действия системы [104] заключается в следующем. Датчик для 10 возможных команд (*Ко* G-2, рис. 43) содержит 10 пар контактов, по 2 контакта на каждую команду, которые в комбинации по два включают реле $P_1 \ldots P_5$ (рис. 41). В момент замыкания контактов $p_1 \ldots p_5$ на передатчик подаются одновременно две зву-

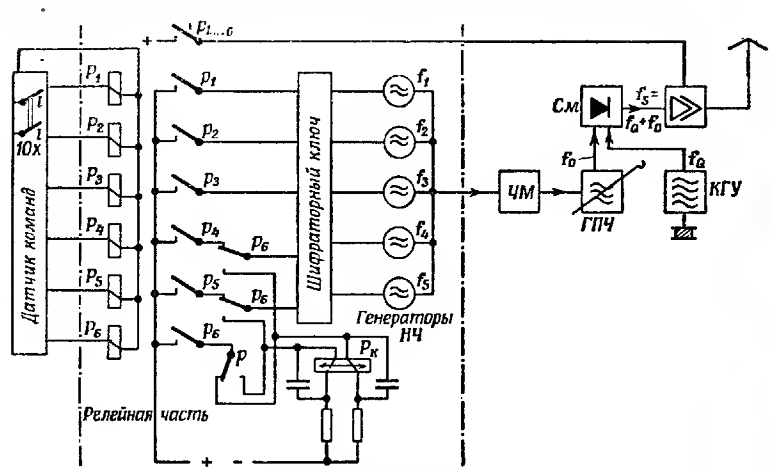


Рис. 41. Принципиальная схема передающей установки управления по радио FuKS.

КГ — кварцевый генератор ультравысокой частоты; *ГПЧ* — генератор промежуточной частоты; *См* — смеситель; *ЧМ* — частотный модулятор (L — лампа)[1]; P_k — колеблющееся реле.

ковые частоты из $f_1 \ldots f_5$ (низкочастотный генератор, собран на трех лампах EDD-11). Одновременно с подачей команды снималась блокировка передатчика (посредством контакта $p_1 \ldots p_6$). Подключение модулирующих частот к командным реле осуществлялось посредством шифраторного ключа, имеющего четыре положения. Каждому положению шифраторного ключа соответствовало определенное подключение генераторов низкой частоты к командным реле. Благодаря тому, что каждая команда формируется из двух частот и имеется возможность изменения частот для каждой команды посредством шифраторного ключа, в сочетании с примененной частотной модуляцией, достигается достаточная защищенность системы от ложных включений под действием случайных или организованных помех. Специальная команда взрыва может быть немедленно подана посредством реле P_6, контакты которого p_6 управляют колеблю-

[1] Лампа с переменным реактивным сопротивлением в режиме индуктивного включения. — *Прим. перев.*

щимся реле P_k. Включение реле P_6 вызывает замыкание контактов p_6 и перекладку контакта p_7, что обеспечивает периодическое подключение двух генераторов низкой частоты к входу модулятора (частоты обусловлены положением шифраторного ключа).

Модуляция частоты происходит посредством лампы с переменным реактивным сопротивлением (EF-12 в индуктивном включении) в генераторе промежуточной частоты *ГПЧ*. Промежуточная частота f_0 смешивается

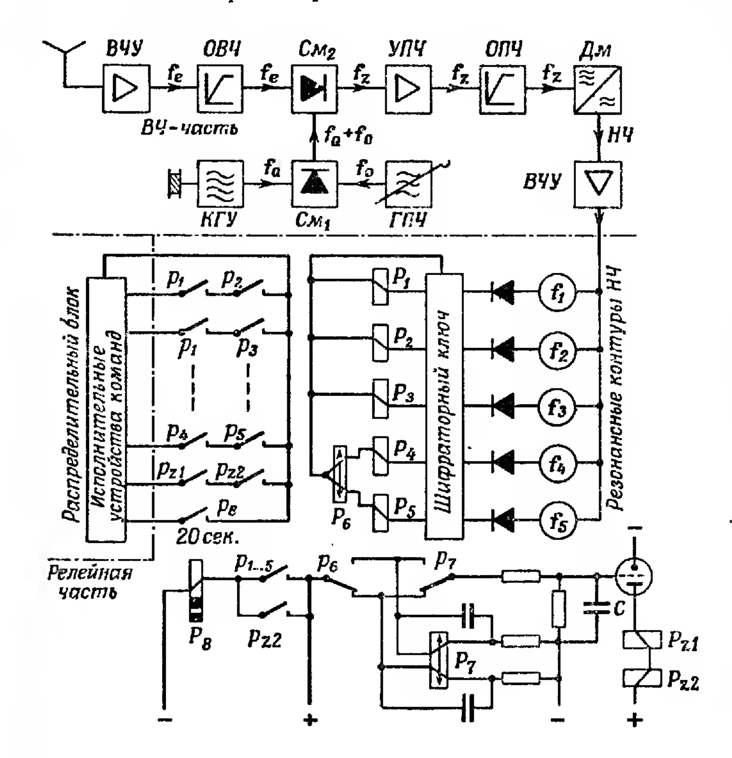


Рис. 42. Принципиальная схема приемной установки управления по радио FuKE8.

ВЧУ — усилитель высокой частоты; *ОВЧ* — ограничитель высокой частоты; *КГУ* — кварцевый генератор ультравысокой частоты; *ГПЧ* — генератор промежуточной частоты; *См₁* — 1-й смеситель; *См₂* — 2-й смеситель; *УПЧ* — усилитель промежуточной частоты; *ОПЧ* — ограничитель промежуточной частоты; *Дм* — демодулятор (*ДсМ* — дискриминатор); *УНЧ* — усилитель низкой частоты.

с ультравысокой частотой f_Q кварцевого генератора *КГУ* (ECH-11). Получаемая частотно-модулированная ультравысокая частота f_S подается через промежуточную ступень (EF-14) на пушпульный выходной каскад (две лампы LV-1) и излучается посредством 2-метровой стержневой антенны.

Источником электрической энергии является аккумуляторная батарея на 12 *в*. Питание передатчика переменным током происходит от вибрационного преобразователя, работающего на частоте 60 *гц*. Вибрационный преобразователь вместе с трансформатором, фильтром и неоновым стабилизатором размещается в приборе питания током (WR-81). Величина потребляемого тока составляла 3,5—5 *а*.

Отдельные приборы передающей установки (FuKS-8) показаны на рис. 43.

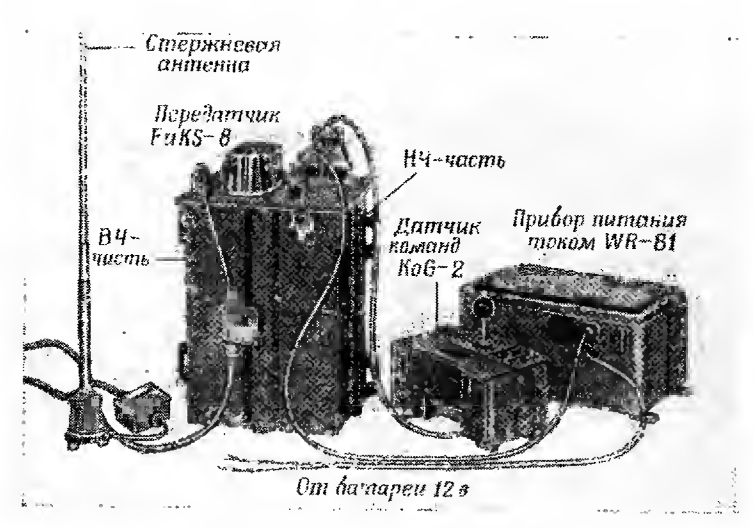


Рис. 43. Передающая установка управления по радио к системе FKL8 фирмы „Блаупункт-Верке".

Приемник FuKE-8 является приемником гетеродинного типа с двойным смесителем (2ECH-11), ограничителем высокой частоты (EF-14) и ограничителем

промежуточной частоты (EF-12) (см. рис. 42). После демодуляции промежуточной частоты $f_z = 3$ *мггц* в дискриминаторе DcM (EB-11) звуковые частоты, усиленные усилителем низкой частоты (EF-14), подаются на контуры *L—C*, настроенные на частоты $f_1 \ldots f_5$. Напряжения звуковых частот $f_1 \ldots f_5$, выделенные резонансными контурами, подаются на выпрямительные элементы и затем на сетки ламп включения (3EDD-11) исполнительных реле $P_1 \ldots P_5$. Подключение частот $f_1 \ldots f_5$ к исполнительным реле $P_1 \ldots P_5$ осуществляется при помощи шифраторного штекера, который, подобно шифраторному ключу передатчика, имеет 4 фиксированных положения. Таким образом, если команда подана, то резонансные контуры выделят те две частоты, из которых сформирована данная команда, и это вызовет срабатывание соответствующих реле *P*. Команды непрерывного тона, соответствующие поданным командам, образуются посредством замыкания контактов $p_1 \ldots p_5$, которые в 10 комбинациях по два контакта образуют цепочки включения. Команда взрыва, поданная со стороны передатчика переключениями колеблющегося реле P_k, заставляет периодически срабатывать реле P_6 и через его контакты (p_6) периодически срабатывать реле P_7. Если контакты p_6 и p_7 работают синфазно, а это будет в том случае, если принятый „такт" верен, то конденсатор *C* будет ступенчато заряжаться через контакт p_7 и через несколько периодов подключения включит реле взрывателя Pz_1 и P_{z_2} посредством электронной лампы ($^1/_2$EDD-11).

Приемник имеет предохранительное устройство на случай непрохождения команд. Если за 20 сек. не принято ни одной команды, то временное реле P_8 подает команду „автоматическая остановка".

Питание током приемника производится от устройства WR-82, которое также имеет прерыватель для получения анодного напряжения 250 *в*. Устройство WR-82 установлено в распределительном блоке (который соответствует устройству регулирования *УР*, см. рис. 9). Сила тока 12-вольтовой аккумуляторной батареи составляет 2,5—5,5 *а*.

Приборы были изготовлены в четырех различных вариантах, которые отличались лишь применяемой частотой

для передачи команд в диапазоне УКВ. Кроме того, в каждом передатчике и приемнике могли устанавливаться три низкочастотных канала посредством изменения емкости колебательного контура генератора промежуточной частоты.

Рабочая дальность действия приборов на ровной местности составляет около 4 *км*. Передатчик и приемник весили по 20 *кг*, а приборы питания током — по 18 *кг*.

3.511.12. Система управления по радио „Кель—Страсбург" [97]. Эта система управления по радио была разработана в 1939—1942 годах и во время второй мировой войны нашла довольно широкое применение на фронте. Вначале она была использована Германским научно-исследовательским авиационным институтом (DVL) для управления падающей бомбой „Фриц-Х" (3.523.1) и авиационными заводами фирмы „Хеншель" для планирующей бомбы Hs-293 (3.523.2). Позднее эта система стала применяться также и для телеуправления другими объектами (3.525). В целях сохранения тайны разработка и изготовление системы осуществлялись не в одном месте, а различными фирмами под руководством Технического управления общего самолетостроения в сотрудничестве с Экспериментальной станцией военно-воздушных сил Пенемюнде-Вест. В частности, в создании отдельных ее элементов были заняты следующие фирмы:

Части системы	Фирма
Передатчик „Кель"	„Телефункен", Берлин
Блок модулятора „Кель"	„Лёве-Опта", Лейпциг
Датчик команд „Кель 1" (для „Фриц-1")	DVL, „Лёве-Опта", Лейпциг
Датчик команд „Кель 3" (для Hs-293)	Авиационные заводы Хеншеля, Шёнефельде
Распределительный блок „Кель" и специальные части самолетной бортовой установки	„Лёве-Опта", Лейпциг, GEA, Фельбах и др.
Приемник „Страсбург"	„Стассфуртер Рундфунк", Стассфург
Различная аппаратура для испытания	„Лёве-Опта", Лейпциг и др.

(Остальные части приемной установки рассмотрены ниже, в разделе 3.523.)

Система предназначалась для передачи двух не зависимых друг от друга непрерывных команд, при этом величина команд могла изменяться. Эти две команды давали возможность осуществлять телеуправление летательными объектами относительно двух осей (2.312.3). Передача команд производилась по радиолинии на ультракоротких волнах (2.331.11). Несущая частота модулировалась четырьмя звуковыми частотами, причем каждая команда образовывалась двумя частотами, которые периодически переключались (временна́я модуляция — 2.312.24, рис. 10, *д*; 19, *б*, 20, *б* и 21). На рис. 44 изображена структурная схема системы телеуправления для передачи команд по этому способу. Она состоит из установки, находящейся на борту самолета (передающая установка управления по радио), и установки, находящейся на телеуправляемом объекте (приемная установка управления по радио) [97].

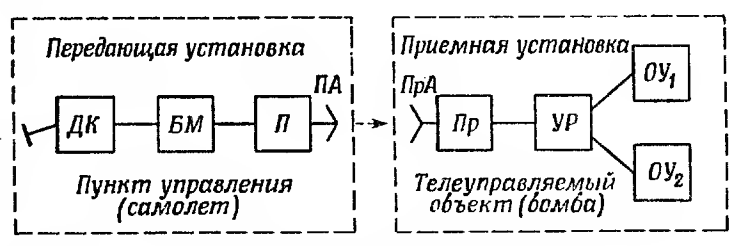


Рис. 44. Структурная схема системы управления по радио „Кель—Страсбург".

На борту самолета („пункт управления") находится датчик команд *ДК*, который периодически коммутирует две пары низких частот блока модулятора *БМ*, соответственно заданной величине команды (ср. рис. 20, *d*). Высокочастотная энергия передатчика *П*, промодулированная блоком *БМ*, излучается передающей антенной *ПА*. Эта энергия принимается приемной антенной *Пр. А* на борту телеуправляемого объекта. В приемнике *Пр.* происходит усиление и демодуляция командных частот, которые затем через фильтры (рис. 19, *д* и 48) передаются на устройства регулирования *УР*, приводящие в движение органы управления $ОУ_1$ и $ОУ_2$ обеих осей.

Для выбора той или иной несущей частоты с целью передачи команд система имела 18 рабочих каналов в области ультракоротких волн (вначале брались частоты порядка 50 *мггц*, а позднее область рабочих частот несколько сместилась в сторону более длинных волн). Эти частоты создавались передатчиком S-203 с кварцевой стабилизацией. Сменные кварцы работали на частотах в два раза меньших, чем рабочие. После каскада удвоения частоты следовал конечный каскад, собранный на двух лампах LS-50 с выходной мощностью около 30 *вт*. Выходной каскад модулировался по амплитуде на сетке с коэффициентом модуляции 40% по каждому каналу низкой частоты.

Частоты команд составляли 1 и 1,5 *кгц* для одной пары и 8 и 12 *кгц* для другой пары команд. Эти частоты создавались в блоке модулятора МТ-203, который имел четыре генератора L—C на лампах RV 12-2000; генераторы коммутировались посредством датчика команд с частотой 5 или 10 *гц*. Через две последующие лампы RV 12 P-2000 командные частоты подводились к передатчику. В действительности переключение командных контактов по сравнению с принципиальной схемой (рис. 45) происходило несколько иначе. Командные контакты замыкали анодные сопротивления генераторов низкой частоты в той последовательности, которая принята для образования команд.

Передатчик и блок модулятора устанавливались на раме, которая подвешивалась на амортизаторах. Их крепление на раме осуществлялось при помощи специальных замков, которые позволяли производить быстрый монтаж и демонтаж. Такая конструкция крепления была заимствована от бортовой радиоустановки FuG-10. Питание током осуществлялось от бортовой сети самолета (напряжение 24—28 *в*). Анодное напряжение (800 и 210 *в*) поступало от преобразователя *U* 10/5.

На рис. 45 представлены в упрощенном виде важнейшие составные части самолетной передающей установки, „Кель" — FuG-203. Из представленных на структурной схеме элементов особого рассмотрения требует датчик команд. Его назначение состоит в периодическом замыкании командных контактов KK_1 и KK_2 (ср. также *KK* на рис.

19, *б* и 24) таким образом, чтобы определенному положению ручки управления (на нее воздействует оператор) соответствовали бы две определенные величины команд (ср.

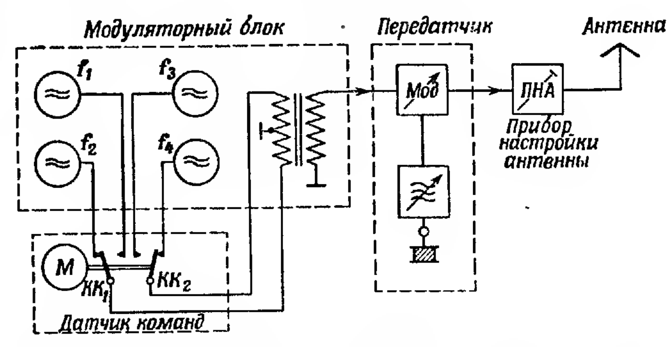


Рис. 45. Принципиальная схема передающей установки управления по радио „Кель".

рис. 21) для телеуправления объектом относительно двух его осей. Управление командными контактами в рассматриваемой установке осуществляется посредством механического устройства, которое для управления относительно одной оси схематически изображено на рис. 46 [97].

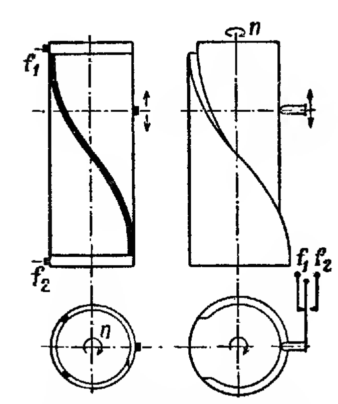


Рис. 46. Валики датчиков команд „Кель-I" и „Кель-III".

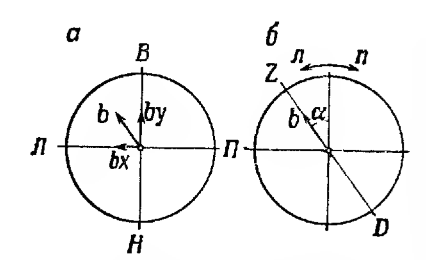


Рис. 47. Составляющие командных ускорений.
а — прямоугольные координаты, *б* — полярные координаты.

Для изменения величины команды контактное устройство перемещается по длине вращающегося валика. Применялись два типа устройств: разделенный на две части вращающийся валик с прижимающимися к нему контактными щетками и механический привод в действие контакта с помощью фигурного валика с выточкой по винтовой линии. В зависимости от вида контактного устройства (контакт перемещается параллельно оси валика или по дуге) и формы профиля валиков могут быть получены различные зависимости между положением ручки управления и величиной команды. Для управления в двух плоскостях устанавливаются два одинаковых валика, которые вращаются от одного общего вала посредством двигателя постоянного тока, имеющего регулятор скорости вращения и контактные устройства, соответствующие двум координатам управления. Датчик команд „Кель I" (для бомбы „Фриц-Х" скорость вращения валиков составляла 300 об/мин) выдавал команды в прямоугольной системе координат (влево—вправо, вверх—вниз). Датчик команд „Кель III" (для бомбы Hs-293 скорость вращения валиков составляла 600 об/мин) выдавал команды в полярной системе координат (наклон влево — наклон вправо, к цели — от цели). (См. рис. 47 [97], а также раздел 1.412, табл. 3.)

В более поздних вариантах был предусмотрен электрический генератор импульсов (так называемый „киппкнюппель" — мультивибратор, ср. рис. 24, *в*). В этом варианте управляющее устройство имело всего два потенциометра. Такая конструкция значительно упрощала эксплуатацию, так как количество подвижных частей резко сократилось. Все остальные части установки (блок модулятора, передатчик, прибор настройки антенны) во время полета не нуждались в обслуживании, и поэтому доступ к ним для членов экипажа был закрыт. Самолетная антенна представляла собой проволочный диполь V-образной формы, она растягивалась между стабилизатором и двумя вводами, расположенными в фюзеляже диаметрально противоположно друг к другу.

Установка телеуправления по радио включала в себя, кроме основных блоков, представленных на рис. 45, необходимых собственно для телеуправления, источник

питания, а также большое число дополнительных элементов, предназначенных для обслуживания, контроля и включения. Все эти дополнительные элементы были необходимы для того, чтобы управлять запуском приемной установки в телеуправляемом объекте, подготовкой к сбрасыванию и самим сбрасыванием управляемого объекта, а также устанавливать правильную последовательность процессов по времени и регулировать течение этих процессов. Соединение между бортовой установкой самолета и приемной установкой до момента сбрасывания осуществлялось посредством 14-штырькового разъемного соединения (рис. 86).

Были созданы также и бортовые установки для различных телеуправляемых объектов:

„Кель I" — FuG-203 a — для сбрасывания одной бомбы „Фриц-Х"

„Кель III" FuG-203 b — для сбрасывания одной бомбы Hs-293

„Кель IV" — FuG-203 c — для сбрасывания либо одной бомбы „Фриц-Х", либо одной бомбы Hs-293.

FuG-203 d и все последующие — для сбрасывания по выбору от 1 до 4 бомб „Фриц-Х" или Hs-293.

(„Кель II" — FuG-204 — наземная радиопередающая установка для телеуправления миниатюрным самолетом „Аргус" МО-12, который применялся в качестве зенитной мишени (3.526.34). Для этой установки был предназначен блок модулятора типа МТ-204, в котором были изменены низкие частоты).

Такие бортовые системы могли устанавливаться на самолетах типа He-11, Do-217, Fw-200, He-177 [25]. Бортовые установки истребителей для телеуправления

по радио реактивными снарядами класса „воздух—воздух" имели шифр FuG-206 (3.524.2).

Система телеуправления FuG-203 с и последующие имели одинаковые самолетные передающие установки как для сбрасывания падающей бомбы „Фриц-Х", так и для планирующей бомбы Hs-293, а приемные установки управления по радио, работающие совместно с передающими установками, имели свои особенности и значительно отличались друг от друга в схемах соединения (2.312.1). Некоторые особенности имелись и в конфигурации корпуса установки, что было обусловлено устройством корпуса самого объекта телеуправления (3.523.1 и 3.523.2).

Приемник, применявшийся в обеих установках (FuG-230 a и FuG b), был один и тот же. На рис. 48 изображена блоксхема прибора „Страсбург" (E-230) [97]. Команды управления для обеих координат разделялись посредством двух низкочастотных полосовых фильтров после предварительного усиления низкой частоты. Полосовые фильтры пропускали полосы частот f_1, f_2 и f_3, f_4. После дальнейшего усиления отдельные частоты f_1, f_2, f_3, f_4 выделялись резонансными контурами, и после выпрямления сигналы подавались на обмотки управляющих поляризованных реле P_1 и P_2 (телеграфное реле T. rls.-64).

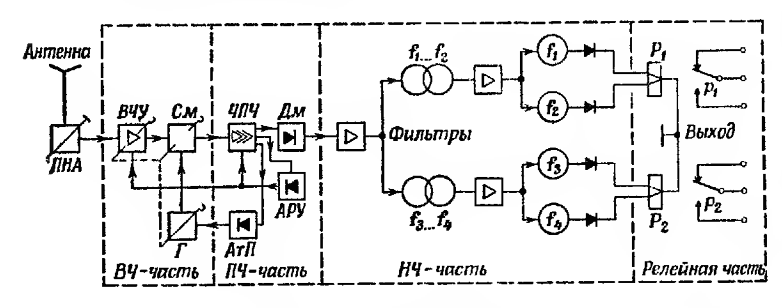


Рис. 48. Блок-схема приемника управления по радио „Страсбург"

ВЧУ — усилитель высокой частоты; *УПЧ* — усилитель промежуточной частоты; *УНЧ* —усилитель низкой частоты; *См* — смеситель; *Г* — генератор; *Дм* — демодулятор; *АРУ* — автоматический регулятор уровня; *АтП* — автоматическая точная подстройка; *ПНА* — прибор настройки антенны.

Приемные установки управления по радио, описанные в разделе 3.523, представляют собой части, присо-

единенные к выходу приемника. Контакты p_1 и p_2 на рис. 85, 86 и 91 являются контактами реле приемника (рис 48).

Первый вариант приемника „Страсбург" (E-30) имел на выходе вместо телеграфного реле T лампы включения типа RL12P-10 S. Приемник E-230 после установки на нем реле вместо ламп собирался на лампах всего лишь трех типов, а именно RV12 P-2000, RV12P-2001 и RG12D2.

Рабочая частота приемника устанавливалась при помощи специального винта, имевшего соответственно каналам 18 фиксированных положений. Разность частот каналов составляла 100 *кгц*.

Контуры, определяющие рабочую частоту (частоту гетеродина и промежуточную частоту), имели такую хорошую температурную компенсацию, что автоматическая точная подстройка (дискриминатор — лампа с переменным реактивным сопротивлением, область подстройки ±35 *кгц*) во всей рабочей области предотвращала опасность ухода из заданного канала. Для этого колебания рабочего напряжения должны были быть в пределах допусков (2.74). Настройка гетеродина была необходима только при замене ламп.

Так как напряженность поля у приемника сильно изменялась во время полета телеуправляемого объекта с момента его сбрасывания и до встречи с целью (изменение дальности и влияние интерференции распространения радиоволн), то к приемнику предъявлялись специальные требования: приемник должен был иметь хорошую чувствительность (около 2 *мкв*) и в то же время быть в состоянии перерабатывать большое входное напряжение. Область регулирования автоматического регулятора уровня составляла приблизительно $1 : 10^5$.

3.511.13. Модификация системы „Кель—Страсбург". Система, описанная в предыдущем разделе, представляла собой серийный образец. С 1941 по 1944 год проводились всевозможные работы по дальнейшему усовершенствованию этой системы. Эти работы велись в основном фирмой „Стасфуртер Рундфунк" под руководством Т. Штурма. В связи с уже упомянутой заменой механического датчика команд мультивибратором был разработан метод, который давал возможность избежать „ошибки фазового скачка".

Причиной возникновения этой ошибки являлось то, что при переключении с одного независимо работающего генератора низкой частоты на другой вызывался скачок напряжения, величина которого зависела от соотношения значений фаз обоих низкочастотных напряжений в момент переключения. Этой ошибкой обусловлено возникновение на органах управления (рулях) некоторой „разбалансировки" при К = const. Вследствие этой „разбалансировки" не выполнялось требование точности воспроизведения команды при управлении бомбой Hs-293, установленное проф. Вагнером. Для улучшения точности воспроизводства команды был усовершенствован блок модулятора, четыре независимо работающих генератора L/C заменены двумя низкочастотными генераторами, рабочие частоты которых изменялись на ±5% благодаря параллельному включению индуктивностей (от датчика команд посредством попеременно отпирающихся диодов). Затем в приемнике фильтрующие устройства для выделения отдельных частот f_1, f_2 или f_3, f_4 (см. рис. 48) были заменены двумя низкочастотными дискриминаторами, которые обеспечивали работу поляризованных реле (см. рис. 51). Этот приемник носил название „Марбург" и предназначался прежде всего для зенитных ракет (3.525.22).

Аналогичная схема выходного каскада была предусмотрена также и для приемника „Кольмар" (*E*-232), который предназначался для реактивного снаряда класса „воздух—воздух" (Hs-298) (3.524.2) и зенитной ракеты (Hs-117). Он работал с синхронным детектированием и занимал поэтому значительно меньше места, чем гетеродинный приемник „Страсбург". Чувствительность его была примерно в 5 раз меньше, чем приемника *E*-230. Приемник „Кольмар" выпускала фирма „Фризеке и Гёпфнэр" в Бабельсберге.

Передатчик с частотной модуляцией S-205, разработанный фирмой „Лоренц" в Берлине, имел название „Грейфсвальд". Приемник, предназначенный для работы с этим передатчиком E-235, назывался „Кольберг". Однако системы с частотной модуляцией применены не были.

Для того чтобы обеспечить успешное применение телеуправляемых объектов при наличии помех со стороны противника, на применяемой полосе частот (48,2 — 49,9 *мггц*)

передатчика S-203 и приемника E-230 была предусмотрена возможность перехода на запасные частоты. Такие передатчики и приемники вместе с принадлежащими к ним приборами настройки антенны (AGS-203, AGE-230 и др.) отсылались на фронт в качестве запасных комплектов вооружения. Более поздние системы FuG-203 и FuG-230 были усовершенствованы таким образом, что они без особых дополнительных устройств могли использоваться и для обслуживания линий проводной связи (FuG-207/237 или FuG-208/238, см. 3.511.22 и 3.511.23).

3.511.14. Радиосистемы „Когге". В то время как серийно выпускавшиеся системы управления по радио „Кель—Страсбург" работали на ультракоротких волнах (50 *мггц*), фирма „Телефункен", начиная примерно с 1944 года, стала выпускать новую, усовершенствованную систему, работавшую на волнах дециметрового диапазона (1100 *мггц*, $\lambda \approx 27$ *см*). Целая серия разработок под названием „Когге" охватывала несколько моделей, представлявших разные этапы развития. В этих разработках большое значение придавалось прежде всего возможности универсального применения отдельных установок и приборов. Монтаж различных систем (например, для телеуправляемых бомб и всевозможных зенитных ракет) должен по возможности осуществляться по принципу размещения отдельных узлов в специальных ящиках, которые легко могут соединяться между собой (сравните, например, систему „Рейнланд", 3.525.2). Основное преимущество перехода от области ультракоротких волн к области дециметровых волн состояло в том, что в последнем случае бортовая антенна могла, с одной стороны, иметь гораздо меньшие размеры, а с другой — устанавливаться с определенной диаграммой направленности (2.73). Это положение давало возможность устанавливать на борту телеуправляемого объекта диэлектрическую антенну, в то время как наземные установки снабжались отражательными системами.

Передатчик дециметрового диапазона работал на малогабаритных лампах с дисковыми впаями и имел автоматическую подстройку частоты. Опытным образцом такого передатчика являлся передатчик „Кай". Для серийного выпуска был запланирован передатчик „Кран".

Самолетные передающие установки имели обозначения FuG-512, FuG-513 и т. д. Приемные установки имели обозначение FuG-530, FuG-531 и т. д. В начале предусматривался синхронно-рефлексный приемник „Бриг“, а позднее был создан гетеродинный приемник „Фрегат“. Низкочастотная часть этого приемника работала так же, как и низкочастотная часть приборов „Марбург“ (3.511.13) и „Дуйсбург“ (3.511.22) с переключением частот без фазовых скачков (ср. рис. 51). Блок модулятора „Куно“, составлявший часть передающей установки, содержал два генератора низкой частоты, которые давали группы следования частот 6—9 *кгц* и 13—16 *кгц*.

В качестве датчиков команд была разработана целая серия приборов, которые в зависимости от конкретных условий приспособлялись для тех или иных телеуправляемых объектов и соответственно типу объекта различались по системам координат управления (1.412) и по частотам коммутации (2.312.24). Датчик команд „Клаппер“ имел два потенциометра со средними точками. Движки этих потенциометров переставлялись в то или иное положение при помощи ручки управления. У датчика для управления в полярных координатах имелось особое приспособление — так называемый „компас“, который давал возможность обеспечить подачу команд для поперечного управления в пределах 360°. От датчика команд „Клаппер“ напряжения постоянного тока (—210 ... 0 ... +210 *в*) подавались на дополнительный прибор („Картэ“ или „Поль“ для управления в прямоугольной или полярной системе координат соответственно). Этот дополнительный прибор состоял из двух генераторов пилообразного напряжения и двух телеграфных реле. Относительная замкнутость контактов этих реле плавно изменялась благодаря смещению нулевой линии пилообразного напряжения за счет напряжения, подаваемого с датчика команд.

Кроме того, была предусмотрена возможность подачи дополнительной отдельной команды (например, команды взрыва, ср. разделы 2.612 и 3.514). При этом одна пара частот, образующих команду, переключалась на частоту коммутации 200 *гц*, вследствие чего срабатывало особое реле, подключенное к выходу приемника.

3.511.15. Система управления по радио „NY“. Система „NY“ была разработана в германском Научно-исследовательском институте ВМФ в Нойбранденбурге совместно с Испытательной станцией ВВС в Готэнхафен-Хексэнгрунде, а также при участии фирмы „Сименс и Гальске“. Система предназначалась для беспроводного управления торпедами. Основное затруднение при создании этой системы обусловливалось тем фактом, что электромагнитные волны, проникая в воду, чрезвычайно сильно поглощаются, и чем выше их частота, тем сильнее происходит поглощение.

Тогда попробовали проводить исследования на длинных волнах (частоты порядка 100 *кгц*). Однако передатчик мощностью 100 *вт*, разработанный для эксплуатации на самолете, имел вследствие этого довольно большие габариты. Значительные потери, между прочим, были обусловлены также большими напряжениями в антенне.

Управление предусматривалось только вокруг вертикальной оси торпеды по курсу при визуальном наблюдении (по следу, образующемуся за счет выхода на поверхность пузырьков воздуха или красящего вещества). Имелась возможность подать дополнительные команды для всплытия, производства взрыва и т. п. Насколько известно автору, эта система управления в своей опытной стадии не удалась и была заменена системой управления по проводам „NYK“ (3.511.25).

3.511.16. Система управления посредством радиолуча. Все системы управления по радио, рассмотренные нами в этом разделе, работали по принципу телепередачи команд управления (2.31). Здесь приведен только один пример практического применения способа управления посредством радиолуча (2.32), если не считать опытов по применению маяков слепой посадки[1]. Таким примером является управление дальней ракетой А-4 посредством направляющей плоскости (3.522).

Первая модель системы „Гавайи I“ была оборудована наземным передатчиком „Хаээ“ мощностью 1 *квт* с рабочей частотой 50 *мгц*. Этот передатчик посредством

[1] Примерно в 1940 году проводились опыты по управлению с самолета планирующей бомбой посредством двухосевого радиолуча (система V—H — вертикально-горизонтальное управление), но они вскоре были прекращены.

специального устройства для сдвига фазы ФВ питал два диполя $Д_1$ и $Д_2$, которые располагались в горизонтальной плоскости на удалении 200 *м* друг от друга (рис. 49).

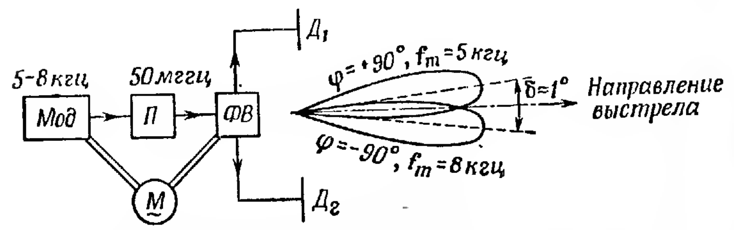


Рис. 49. Наземная ультракоротковолновая установка для создания ведущей плоскости, „Гавайи I".

Установка находилась в 12 *км* позади места старта ракеты А-4. Диаграмма направленности прерывисто коммутировалась посредством фазовращателя ФВ с постоянной частотой 50 *гц* при помощи синхронного мотора, который одновременно осуществлял и коммутацию модулятора передатчика таким образом, что в одном положении вырабатывалась частота модуляции 5 *кгц*, а в другом — 8 *кгц* (метод описан в разделах 2.321.5 и 2.322.2).

Моторизованная наземная установка носила название „Гавайи I" *b* [46]. Приемная установка для этой системы (приемник „Папагай(ст)") описана в разделе 3.522 (см. рис. 77).

В системе „Гавайи II", разработанной фирмой „Телефункен", сперва было предусмотрено применение отражателя „Вюрцбург-Ризэ" (7 *м*) в соединении с передатчиком, работающим в диапазоне частот 500 *мггц* („Целебес"). Однако при испытании этой системы были получены неудовлетворительные данные, в частности, из-за возникшего противоречия между требованием достаточной точности и механической прочностью отражателя „Ризэ" („Назхорн").

Дальнейшей ступенью развития являлась разработка установки, работающей на частоте 1500 *мггц* с 4-метровым отражателем ($\lambda \approx 20$ *см*) [15].

3.511.2. Системы управления по проводам (2.332).

3.511.21. Система управления по проводам „Голиаф". Система, применявшаяся для телеуправления танкеткой „Голиаф" (3.526.11), работала по методу передачи отдельных команд (2.311.21) по двухпроводной линии связи (2.332.12). Выполнение той или иной команды осуществлялось благодаря различному порядку подачи импульсов постоянного тока (2.332.21). Следование импульсов можно было изменять при помощи шифрирующего устройства. Устройство датчика команд было подобно прибору K_3G-2 (ср. рис. 43).

3.511.22. Система управления по проводам „Дортмунд—Дуйсбург". Как уже упоминалось в разделе 3.511.13, начиная с 1943 года для системы управления по радио FuG-203—Fu-230 („Кель—Страсбург") была предусмотрена возможность перехода от передачи команд управления по радио к передаче по проводной линии связи в случае значительных радиопомех со стороны противника (2.72). Соответствующая перестановка выглядела примерно так: вместо самолетной передающей установки FuG-203 применялась установка FuG-207, которая получалась на базе установки FuG-207 в результате замены блока модулятора МТ-203 („Кель") генератором низкой частоты („Зуммер") Su-207 („Дортмунд"), замены ультракоротковолнового передатчика S-203 („Кель") усилителем низкой частоты S-207 и установки двух катушек с проводами с обеих сторон самолета с включением их через прибор согласования проводов LGS-207. Вместо приемной установки FuG-230 *b* (в бомбе Hs-293) была применена установка FuG-237. Эта установка отличалась от установки FuG-230 *b* тем, что в ней ультракоротковолновый приемник Е-230 („Страсбург") был заменен приемником управления по проводам Е-237 („Дуйсбург"), а также тем, что было установлено две катушки с проводом с обеих сторон телеуправляемого объекта. Катушки были включены через прибор согласования проводов LGE-237. Структурная схема подобной передачи низкой частоты по двум проводам (2.332.12—2.332.22) представлена на рис. 50.

Принцип действия системы „Дортмунд—Дуйсбург" становится ясным, если рассмотреть схему, изображенную на рис. 51. Командный контакт *КК* датчика команд (Ge-20*b*, ср. рис. 46) подключает к диоду *Дд* напряжение от

источника питания попеременно то положительное, то отрицательное. Благодаря этому индуктивность L^1 периодически подключается параллельно низкочастотному колебательному контуру L—C, вследствие чего

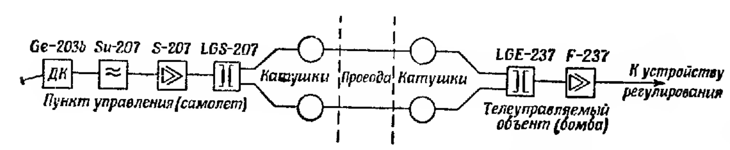


Рис. 50. Структурная схема низкочастотной системы управления по проводам „Дортмунд—Дуйсбург".

частота колебаний изменяется синхронно датчику команд между двумя постоянными величинами f_1 и f_2. Дискриминатор на выходе приемника E-237 был настроен на среднюю частоту $\frac{f_1+f_2}{2}$ и посылал попеременно положительные и отрицательные импульсы выходного напряжения на поляризованное реле P (телеграфное реле). Система в целом имела два аналогичных канала. Для системы „Дортмунд—Дуйсбург" средние частоты составляли 450 и 700 *гц* с отклонением $\pm 5\%$ ($f_1 = 422$ *гц*, $f_2 = 473$ *гц*, $f_3 = 665$ *гц*, $f_4 = 735$ *гц*). Приемник позволял значительно регулировать коэффициент усиления и был снабжен ограничителем. Это было сделано для того, чтобы входное напряжение, изменявшееся в пределах от 100 *в* до 100 *мв*, могло быть усилено до напряжения, достаточного для срабатывания реле выхода. В приемнике и передатчике в качестве включающих диодов применялись лампы RG-12-D2.

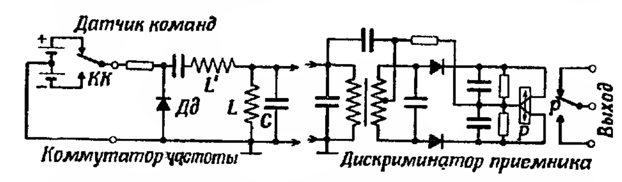


Рис. 51. Принципиальная схема низкочастотной коммутации систем „Дортмунд—Дуйсбург" и „Марбург" (для одной плоскости управления).

Выбор названных рабочих частот определялся исходя из веса провода и его стоимости, с одной стороны (низкая частота обусловливает большой вес), и потерями в проводах — с другой (высокая частота обусловливает большие потери вследствие повышения индуктивности проводов).

Трудности такого управления по проводам заключались не столько в способе управления и конструктивном выполнении аппаратуры управления, сколько в конструктивной разработке катушек с проводами для линии связи. К катушкам проводной линии связи предъявлялись следующие требования.

1. Провод должен был обладать достаточной прочностью, чтобы выдерживать значительные напряжения, возникающие при вытягивании его из катушки с большой скоростью, а также иметь не слишком большое омическое сопротивление. Вместе с тем провод должен был быть как можно тоньше, чтобы его уместилось возможно больше на катушке небольшого объема.

2. Так как изолированные витки провода в катушке создают большую индуктивность, вызывающую большие потери при применении звуковых частот, то при намотке необходимо следить за тем, чтобы слои провода на катушке были по крайней мере короткозамкнутыми.

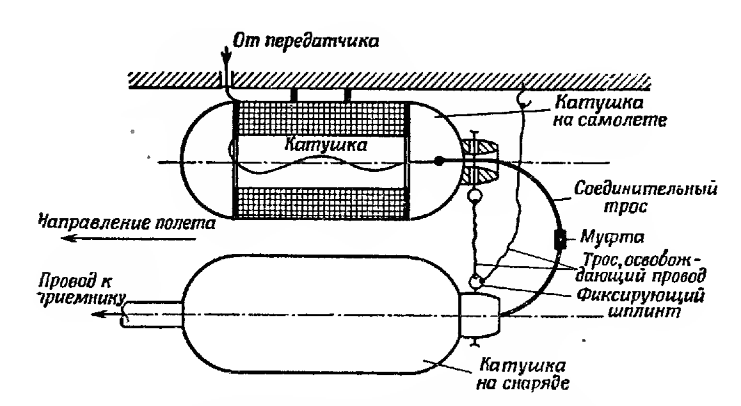


Рис. 52. Расположение катушек системы управления по проводам „Дортмунд—Дуйсбург".

Для этой цели применялся покрытый изоляционным лаком стальной провод (рояльная проволока) диаметром около 0,3 *мм* (в источнике [25] указывается 0,1 *мм*). Провод укладывался витками таким образом, чтобы образовать цилиндрическое тело, которое затем проклеивалось специальным веществом (чтобы избежать изломов провода при его вытягивании). Такая проклееная катушка помещалась в обтекателе. Наружные витки оставлялись оголенными, чтобы обеспечить короткое замыкание между слоями благодаря прилеганию наружных витков к внутренней металлической поверхности обтекателя.

Катушки попарно устанавливались на самолете и на сбрасываемом объекте с таким расчетом, чтобы перед сбрасыванием они находились непосредственно друг над другом (рис. 52). Внутренний конец провода каждой катушки с помощью троса выводился через хорошо смазанное отверстие в центре обтекателя и фиксировался посредством шплинта. При сбрасывании телеуправляемого объекта шплинты удалялись, и под действием встречного потока воздуха провода вытягивались из катушек (в другом конструктивном варианте разблокировка проводов при сбрасывании бомбы осуществлялась при помощи пиропатрона). Провод вытягивался из обеих катушек одновременно и при этом медленно опускался вниз. Принципиальная схема расположения телеуправляемого объекта и проводной линии связи по прошествии некоторого времени после отделения телеуправляемого объекта от самолета дана на рис. 53.

Система управления по проводам FuG-207/FuG-237 была разработана для телеуправления планирующей бомбой (3.523.2). Катушки на телеуправляемом объекте устанавливались на консолях крыла. Планирующая бомба Hs-293 имела размах крыла 2,90 *м* [9], в связи с чем волновое сопротивление двух проводов составляло около 1200 *ом*. Выход передатчика осуществлялся через прибор согласования проводов LGS-207, на входе приемника также применялся прибор согласования проводов LGE-237. Провода имели следующую длину:

в катушке, расположенной на самолете, —12 *км*;

в катушке, расположенной на телеуправляемом объекте, — 18 *км*. Таким образом, линия связи имела общую длину 30 *км*.

Аппаратура управления по проводам разрабатывалась и изготовлялась фирмой „Стасфуртер Рундфунк" в Стасфурте. Конструированием и изготовлением катушек проводной линии связи занимались авиационные заводы Хеншель в Шёнефельде под Берлином.

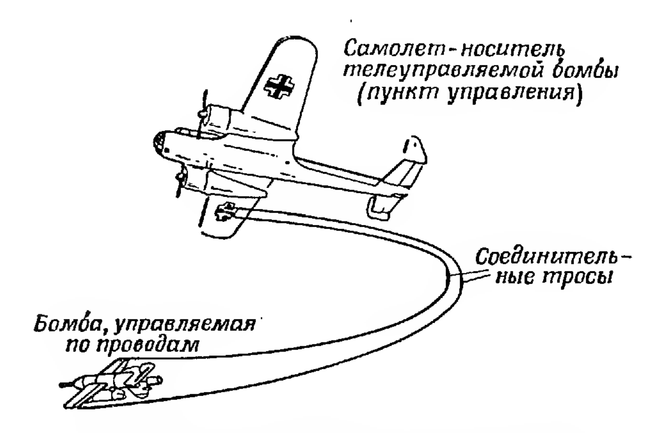


Рис. 53. Вид проводной линии связи после сбрасывания планирующей бомбы Hs-293.

Аналогичная система управления по проводам вначале предназначалась также и для телеуправления падающей бомбой „Фриц-X" (3.523.1). Так как полет бомбы „Фриц-X" занимал меньше времени, чем полет Hs-293, то соответственно этому и длина проводов должна была быть значительно меньшей (8 + 8 *км*). Были проведены исследования возможности применения голых проводов. В этом случае катушки подвешивались изолированно как от корпуса самолета, так и от корпуса бомбы. Однако после многочисленных успешно проведенных исследований выяснилось, что потери в линии связи при передаче сигналов управления на постоянном токе, получаются весьма незначительными (2.332.21). Поэтому для управления падающей бомбой „Фриц-X" стало возможным заменить систему управления по радио „Кель—Страсбург" системой „Дюрен—Детмольд".

3.511.23. Система управления по проводам „Дюрен—Детмольд". Эта система состояла из передающей установки FuG-208 и приемной установки FuG-238 и использовалась для передачи на постоянном токе (2.332.12—2.332.21) двух команд управления падающей бомбе „Фриц-Х" (вперед—назад, влево—вправо, ср. рис. 47,*а*), причем для одной плоскости управления применялось периодическое переключение направления тока (+ или —), для другой плоскости — периодическое скачкообразное изменение силы тока (сильный—слабый). В основном коммутация в этой системе осуществлялась так же, как и в системе „Кель—Страсбург" с датчиком команд „Кель 1" при скорости вращения коммутирующих валиков 300 об/мин и $T = 0{,}2$ сек. (ср. рис. 21 и 46). Упрощенная принципиальная схема системы изображена на рис. 54.

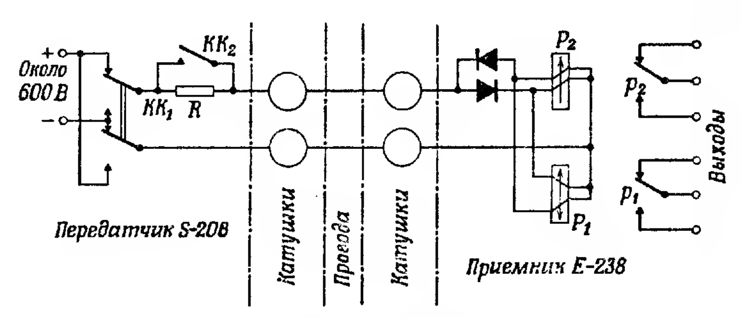


Рис. 54. Принципиальная схема системы управления по проводам „Дюрен—Детмольд".

Командные контакты KK_1 и KK_2, предназначенные для образования команд соответственно двум плоскостям управления, управлялись датчиком команд, который в самолетной установке „Дюрен FuG-208" состоял из ручки управления с двумя перпендикулярно расположенными потенциометрами. Напряжения, снимаемые с этих потенциометров, воздействовали на периодически переключающиеся релейные системы, изменяя относительную замкнутость контактов KK_1 и KK_2 ($T = 0{,}2$ сек.), которая постепенно изменялась при плавном изменении воздействующего напряжения. Схема релейных систем аналогична схеме на рис. 24,*б*. Постоянное напряжение на потенциометры подавалось от преобразователя постоянного тока.

Контактная система KK_1 периодически изменяет направление тока в проводах, благодаря чему реле приемника P_1 колеблется синхронно с контактами KK_1. Контакт KK_2 замыкает сопротивление R накоротко с частотой 5 *гц*. Реле приемника при сильном токе срабатывает (KK_2 замкнут), а при слабом токе отпускает контакт (KK_2 разомкнут). Реле P_1 отрегулировано так, чтобы оно надежно срабатывало даже при „слабом" токе. Таким образом, весь приемник „Детмольд" (Е-238) состоял из двух выпрямителей и двух поляризованных реле.

Одним из условий безупречной работы системы являлась в определенных пределах стабильность сопротивления самого контура постоянного тока. Катушки проводной линии связи должны были содержать изолированный провод, а между слоями провода в катушке не требовалось делать короткого замыкания, что имело место в системе „Дортмунд—Дуйсбург". Наличие индуктивного сопротивления витков катушек ограничивало длину линии связи и частоту переключения. Разработка системы происходила при участии ряда фирм, а именно „Стасфуртэр Рундфунк", „Телефункен" и „Рейнметалл—Борзиг" (катушки для „Фриц Х").

3.511.24. Система управления по проводам „Дюссельдорф" для ракеты Х-4. Если обе проводные системы, рассмотренные в предыдущих разделах, предназначались для замены системы телеуправления по радио планирующей бомбы Hs-293 и падающей бомбы „Фриц-Х" (3.511.12, 3.523), то телеуправляемый реактивный снаряд Х-4, относящийся к снарядам класса „воздух—воздух" (3.524.1), с самого начала проектировался по проводной линии связи. Передатчик „Дюссельдорф—FuG-510" этой системы был в основном подобен передатчику „Дюрен", но более прост по конструкции. Приемная установка представляла собой приемник „Детмольд", который однако был выполнен как составная часть системы управления ракеты Х-4 (см. 3.524.1 и рис. 92).

Одно из существенных отличий данной системы от систем FuG-207/237 и FuG-208/238 состояло в том, что

катушки с проводами находились только на снаряде, в то время как на несущем самолете были закреплены только концы проводов. Обе катушки устанавливались на консолях крыла снаряда Х-4 (см. рис. 91 и 94) и содержали по 5,5 *км* изолированного стального провода диаметром 0,2 *мм* [9]. При приложенном напряжении постоянного тока около 200 *в* в контуре линии связи (при короткозамкнутом дополнительном сопротивлении *R*, рис. 54 и 94) протекал ток силой около 5 *ма*.

Разработка системы управления снаряда Х-4 производилась под руководством доктора М. Крамера на заводе фирмы „Рурштальˮ в Бракведе, передатчик „Дюссельдорфˮ изготовлялся Дунайской приборостроительной фирмой („Донагˮ) в Вене. Эта же фирма производила соответствующую аппаратуру и приборы для настройки и испытания системы.

3.511.25. Система NYK для управления торпедой. Для телеуправления подводными объектами проводная линия связи имеет особое значение, поскольку возможность использования электромагнитных волн в этом случае весьма ограничена (ср. 3.511.15). Ввиду этого вслед за разработкой системы NY, при которой предполагалось управлять торпедой с самолета по радиолинии, была разработана и изготовлена в небольшом числе экземпляров система NYK (К — кабель). Для передачи команд применялся однопроводный кабель (2.332.11), другим проводом должна была служить вода. Использовался как переменный ток низкой частоты (2.332.22), так и постоянный ток (2.332.21). Управление торпедой производилось с судна (1.312) или побережья (1.311), причем только относительно вертикальной оси торпеды. В системе „Лерхеˮ (3.513.34) такое управление торпедой по проводу предусматривалось производить с подводной лодки. В этой связи можно напомнить еще и об аналогичных опытах, которые имели место еще перед первой мировой войной [3.1], а также о проекте системы „самолет—буй—торпедаˮ, разработанной Крокки (2.333).

3.512. *Приборы указания цели (телевизионные).* Метод наведения на цель, описанный в 2.43 (рис. 31, 32), имел практическое значение только для управления летательными и наземными подвижными объектами по телевизионному изображению цели (2.412.31)[1]. Поэтому такие приборы предназначались в первую очередь для оснащения планирующих бомб Hs-293 и Hs-294 (3.523.2—3.523.3). Предварительные исследования проводились также и с зенитными ракетами (3.525), с самоходными машинами на гусеничном ходу (3.526.12) и с морскими судами.

3.512.1. Телевизионная система „Тоннэ—Зеедорфˮ. Эта система, разработанная для вышеназванных целей фирмой „Фернзэеˮ в Берлине в 1940—1944 гг., отличалась от обычных систем, существовавших до того времени, тем, что к ней предъявлялись следующие требования [27, 98, 99]:

а) максимальная компактность конструкции (см. рис. 55, 57, 58);

б) минимальное потребление энергии;

в) применение возможно меньшего числа типов ламп;

г) полное отсутствие необходимости в настройке камеры и передатчика, а по возможности, и приемника во время работы;

д) способность реагировать на различную степень освещенности без дополнительной регулировки;

е) яркость изображения должна быть достаточной для наблюдения при дневном свете;

ж) введение широкой области регулирования высокой частоты приемника, что вызывается изменением дальности во время работы, а также регулирование уровня сигнала при сильных колебаниях, вызываемых интерференцией.

Кроме того, система должна была отвечать и другим условиям, в которых работают самолетные приборы (2.74), а именно устойчивости к высоте и воздействию ускорений, а также перемене рабочего напряжения и т. д.

Необходимое снижение чувствительности (чтобы избежать влияния помех) достигалось переходом от обычно применявшейся в то время положительной модуляции с прерывистой синхронизацией к ставшей в настоящее время очень распространенной отрицательной модуляции (черное управление) с положительными синхронизирую-

[1] О методе наведения на подводные цели, излучающие звуковые колебания, используемом в системе «Лерхе», см. 3.513.34.

щими импульсами, в результате чего значительно облегчилась необходимая регулировка уровня (∂). В дальнейшем стала применяться затягивающая синхронизация строчной частоты (11 200 *гц*), а частота развертки изображения (25 *гц*) получалась из частоты синхронизации строчной развертки посредством деления как на стороне камеры, так и на стороне приемника. Это давало возможность ограничить обслуживание приемника (*d*) установкой затягивания (± 50 *гц*) путем точной регулировки задающего генератора. Правильная фаза кадров могла устанавливаться благодаря кратковременной расстройке, осуществлявшейся нажимом кнопки. Впрочем, на приемнике требовалось устанавливать лишь основную яркость, так как амплитуда яркости автоматически регулировалась ($m \approx 60\%$) на передатчике и приемнике. Фокусировка луча сохранялась постоянной благодаря стабилизации высокого напряжения и тока фокусировки.

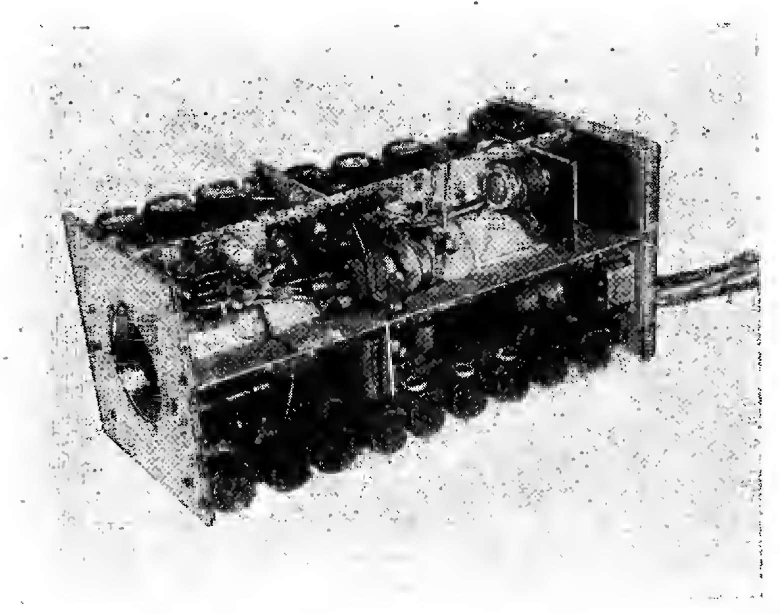


Рис. 55. Телевизионная камера „Тоннэ" (без корпуса).

Анодное напряжение бралось от трансформаторного генератора развертки во время строчного обратного хода. Интересно заметить, что в качестве зарядного конденсатора использовалась емкость, имевшаяся между внутренним слоем и внешней металлизацией кинескопа, которая равнялась приблизительно 200 *пф* и была вполне достаточной.

3.512.11. Телевизионная камера „Тоннэ". О том, что первое из вышеуказанных требований в телевизионной камере „Тоннэ" было выполнено наилучшим образом, говорит рис. 55 [27]. Телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов, а также все вспомогательные устройства (датчик частоты, релаксационный генератор, видеоусилитель) размещались в ящике камеры размерами $17\times17\times40$ *см*, так что выражение „exceedingly compact"[1], употребленное в одном английском отчете, кажется нам вполне обоснованным. Вспомогательные устройства были смонтированы на отдельном шасси, а соединение между ними осуществлено посредством штекерных разъемов. В схеме применялись электронные лампы только двух типов (PV12P-2000 и RL-12-T_1); общее же число ламп составляло 29. Телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов (суперкинескоп IS-9), применяемая в камере, изображена на рис. 56.

Изображение, передаваемое собирательной оптикой (Цейс-Биогон 1 : 2,8 с F = 35 *мм*) на фотокатод, получалось в формате 7×7 *мм*². Система предварительного изображения[3], охваченная фокусирующей катушкой с железным экраном, создавала на собирающем электроде зарядное изображение, увеличенное в отношении 1 : 5. Это зарядное изображение через катодный луч, создан-

[1] Чрезвычайно компактный (*англ.*). — *Прим. перев.*

[2] В одном из вариантов планирующей бомбы Hs-293 объектив имел возможность сдвигаться в направлении вертикальной оси. Установка объектива осуществлялась посредством флюгера таким образом, чтобы оптическая ось камеры совпадала с направлением полета (ср. 2.54; угол зрения от 15 до 30° [48]). Производились также опыты с применением наклоняемых призм вместо сдвига объектива.

[3] Система предварительного изображения включает объектив и мишень телевизионной трубки. — *Прим. перев.*

ный в „шпоре"[1], коммутировалось с числом строк 441 (со строчным скачком) и частотой следования кадров 25. На „шпоре" помещались юстировочный магнит, фокусирующая катушка и отклоняющие катушки, а также вспомогательная катушка для компенсации трапецеидальной ошибки.

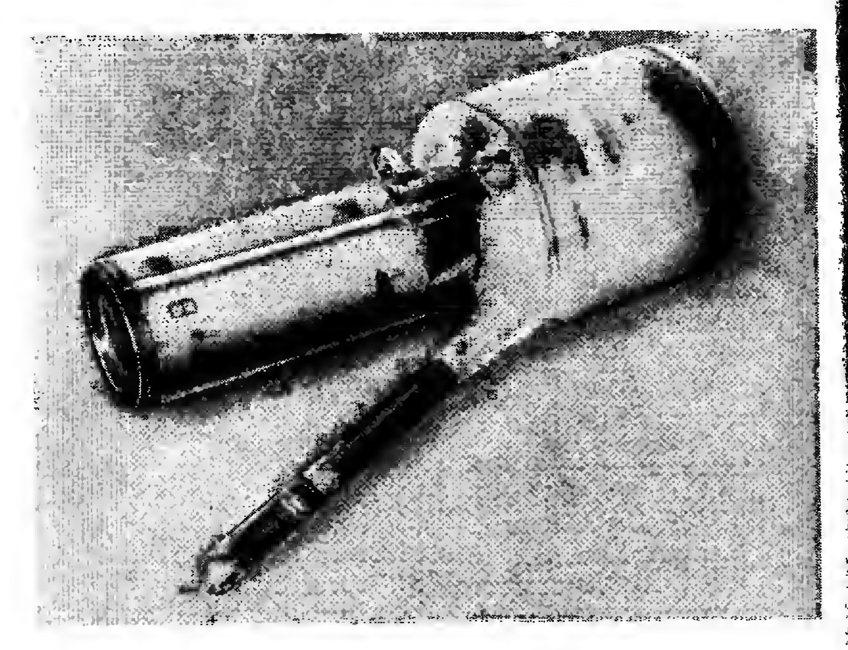


Рис. 56. Телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов IS-9 фирмы „Фернзэе".

Анодное напряжение 800 *в* для коммутации луча стабилизировалось посредством ламп накаливания, постоянный ток для фокусировки луча и питания магнитной электронной линзы предварительного изображения поддерживался на заданном уровне ламповым устройством. Чтобы на работу телевизионной камеры не влияло изменение напряжения питания, ток накала приемной лампы

[1] Отросток иконоскопа. — *Прим. перев.*

также поддерживался на заданной величине железоводородным барретором. Чувствительность телевизионной передающей трубки *IS*-9 составляла около 40 *мка/лм*. Лампы работали на входное сопротивление усилителя 1 *мгом*; выходное напряжение усилителя около 1 *в* на 150 *ом*. Смешивание синхронизирующих сигналов происходило на антидинатронной сетке каскада усилителя.

Питание камеры переменным током частоты 500 *гц* производилось от преобразователя через трансформатор. Сам же преобразователь питался от батареи.

3.512.12. Телевизионная передача. Для передачи телевизионных сигналов применялись как ультракороткие волны (диапазон 80 *мггц*), так и дециметровые (диапазона 400 *мггц*).

Ультракоротковолновый передатчик содержал два независимо управляемых пушпульных пентода RS-381 с модуляцией на антидинатронной сетке. Такой передатчик применялся в варианте передвижной наземной установки („Тоннэ Р") со стержневой антенной. При мощности передатчика 20 *вт* радиус действия на холмистой местности достигал 7 *км*.

Для установки в летательных объектах („Тоннэ А") применялся передатчик дециметрового диапазона с мощностью излучения антенной „Яги" от 10 до 20 *вт*. Он работал с самовозбуждением на специальных триодах *TU*-50, которые модулировались ультракоротковолновыми диодами *DU*-10 с глубиной модуляции около 60% при ширине полосы от ± 2 до 3 *мггц* (комбинированная модуляция — нагрузочная и сеточным напряжением). Оба типа ламп были разработаны и изготовлены фирмой „Фернзэе". Достигнутая между летящими на большой высоте объектами дальность действия составляет примерно 150 *км*.

3.512.13. Телевизионный приемник „Зеедорф". Некоторые особенности этого универсального приемника уже отмечались выше, на рис. 57 показан его общий вид [27]. Бросается в глаза компактность его конструкции. Универсальный прибор как „укороченный" приемник (видеочастоты) при диаметре экрана 13 *см* и длине трубки 36 *см* имел габаритные размеры $16 \times 16 \times 40$ *см*. Если же устанавливалась и высокочастотная часть приемника, то

его размеры увеличивались до 17×22×40 *см*. Приемник давал изображение размерами 8×9 *см* [98].

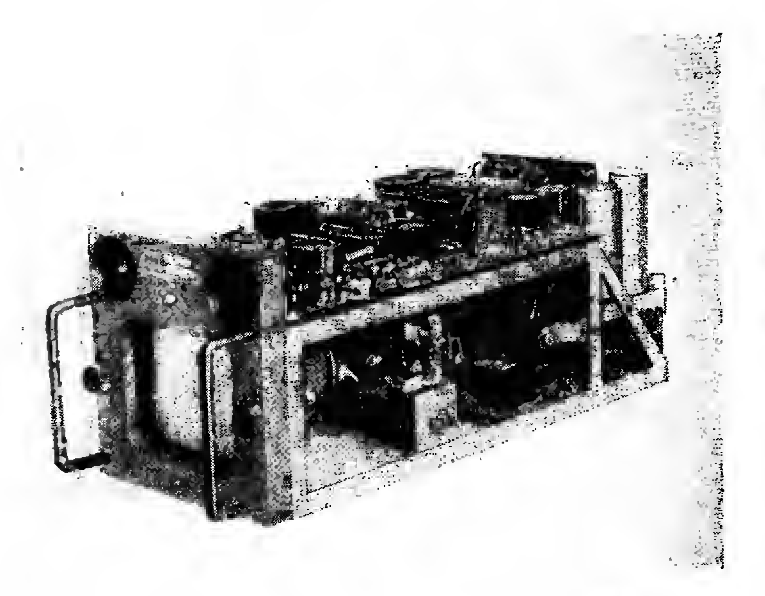


Рис. 57. Универсальный телевизионный приемник „Зеедорф" (без корпуса).

Усилитель видеочастоты, установленный в телевизоре, создавал при входном пиковом напряжении 1 *в* напряжение около 30 *в* для управления катодно-лучевой трубкой при анодном напряжении 6 *кв*. Анодное напряжение создавалось трехкаскадным релаксационным генератором.

При использовании телевизора для беспроводного приема на борту самолета могла устанавливаться по выбору либо ультракоротковолновая, либо дециметровая приемная часть. Как та, так и другая содержат трехкаскадный усилитель промежуточной частоты (которая составляла 8,4 *мггц*, ширина полосы 2,5 *мггц*) на трех пентодах LV-1 и одном пушпульном диоде LG-1 для демодуляции. Приемная часть имела автоматическую регулировку уровня, обеспечивающую нормальную работу

при колебаниях напряжения входа приемника от 100 *мкв* до 1 *в* с постоянной времени 10 *мсек*. Чувствительность выражалась в следующих величинах [27, 98]:

Входное напряжение приемника на 120 *см*	Волны УКВ	Волны дециметровые
При полезной мощности, равной мощности шумов	8	25 *мкв*
Напряжение в антенне для четкого изображения при глубине модуляции $m = 60\%$	30	100 *мкв*

Кроме этого универсального приемника, который устанавливался в самолете для применения с камерой „Тоннэ А" и в командной подвижной установке (танке) для применения с камерой „Тоннэ Р", в 1943—1945 годах фирмой „Фернзэе" был разработан еще один приемник высокой мощности. Этот приемник отличался еще большой компактностью и интересным конструктивным оформлением [27, 99]. Приемник (с видеочастотным входом, рис, 58) давал изображение 11×11 *см* и помещался в

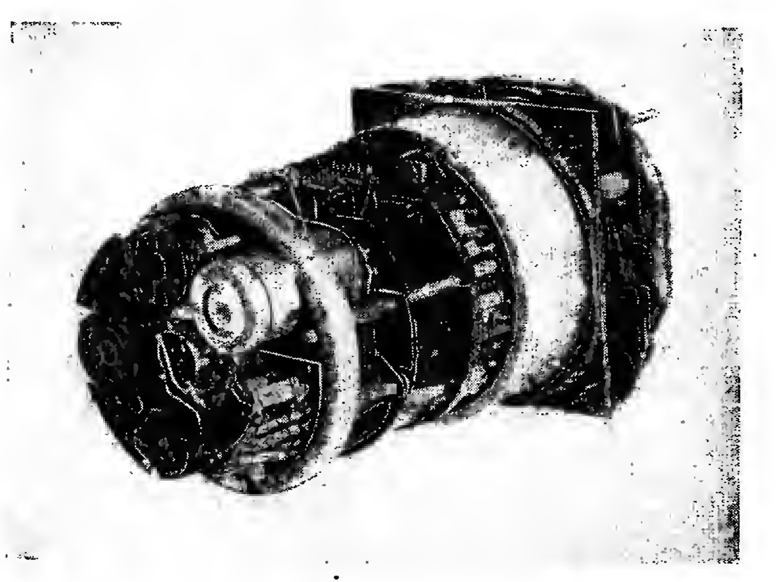


Рис. 58. Телевизионный приемник высокой мощности фирмы „Фернзэе".

герметизированном цилиндрическом корпусе диаметром 17 *см* и длиной 37 *см* (высотность обеспечивалась при анодном напряжении, равном 12 *кв*!).

Была разработана еще особая телевизионная трубка (диаметр экрана 12 *см*, длина 30 *см*), которая применялась с углом отклонения луча до ±35°. На рис. 58 можно видеть расположение отдельных деталей вокруг баллона электронно-лучевой трубки. Отдельные элементы шасси цилиндрической формы (рис. 59) соединялись вместе,

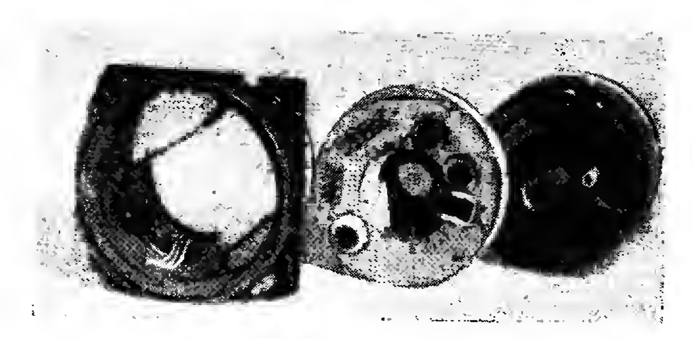


Рис. 59. Отдельные узлы шасси телевизионного приемника.

при этом одновременно осуществлялось соединение электрических цепей посредством многоштырьковых штекеров [27]. Вследствие герметичности конструкции необходимо было обратить особое внимание на охлаждение. Вместо обычного охлаждения посредством излучения и обдува воздушным потоком тепло, возникающее внутри прибора (потребляемая мощность составляла около 50 *вт*), отводилось за счет теплопроводности. Это обеспечивалось тем, что часть ламп помещалась в алюминиевые гильзы, которые вставлялись в отверстия в толстых алюминиевых дисках с таким расчетом, чтобы тепло через шасси передавалось всему корпусу.

3.512.2. Другие образцы телевизионных систем фирмы „Фернзэе".

3.512.21. „Шпроттэ". Телевизионная головка „Шпроттэ" являлась дальнейшей модификацией телевизионной камеры „Тоннэ А". Эта головка предназначалась в первую очередь для зенитных ракет (3.525). Разработки производились фирмой „Фернзэе", фирмой „Телефункен" и Научно-исследовательским институтом почты, основанным в Берлине в 1937 году [48].

Малогабаритная телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов, созданная фирмой „Фернзэе", представлена на рис. 60 [98.]. В основном ее конструкция соответствовала конструкции трубки IS-9 (рис. 56), однако размеры были значительно меньше.

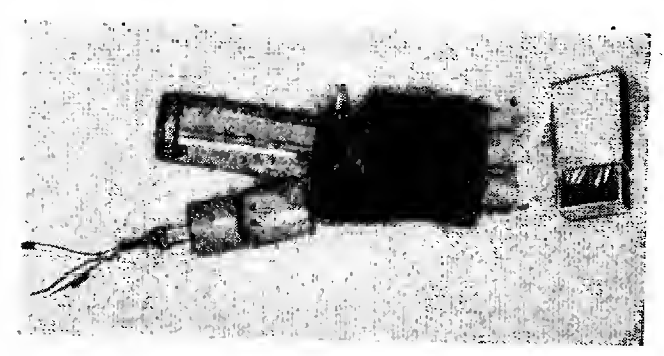


Рис. 60. Малогабаритная телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов фирмы „Фернзэе".

Камера была рассчитана на число строк 200—300 при частоте 10—20 кадров в секунду и имела так называемые „наклонные растры развертки". Для реализации этого метода в камере и приемнике находились по два строчных генератора, которые работали на двух различных частотах (10 000 и 10 050 *гц*). Диагональный растр образовался благодаря биениям, возникавшим под действием двух перпендикулярно расположенных отклоняющих систем, в то время как напряжение смены кадров создавалось посредством деления частоты [27, 98].

Если установок „Тоннэ" было изготовлено несколько сот экземпляров, то система „Шпроттэ" была доведена только до стадии опытного образца. При разработке бортовой приемной установки для зенитной ракеты („Зёнляйн", см. 3.525.2) уже принимался в расчет более поздний образец системы наведения на цель.

3.512.22. FB-50. К концу войны появилась необходимость удешевления аппаратуры, поэтому фирма „Фернзэе" взялась за разработку телевизионного устройства, дававшего 50 строк при частоте кадров 25. Установка FB-50, предусмотренная для зенитной ракеты „Энциан" (3.525.12), должна была работать с механическим коммутатором (диск Нипкова) при угле зрения от 7 до 12° [48].

3.512.23. „Адлер". Разработка этого прибора была начата фирмой „Опта Радио" в Берлине еще в 1942 году. Позднее эта разработка была прекращена. Прибор „Адлер" работал с электронным спиральным переключением.

Исследовательские работы в области телевизионного метода управления летательными объектами (2.412.31) проводились различными организациями, однако наиболее интенсивно они осуществлялись Немецким исследовательским институтом планеризма в Айнринге [33—44].

3.513. *Приборы самонаведения.* Во время второй мировой войны в Германии было разработано или находилось в стадии разработки значительное количество приборов самонаведения (ср. 3.34, табл. 12). Но эти проекты до готовых образцов доведены не были (за исключением прибора для торпед „Цаункениг", реагирующего на звуковые колебания в воде, см. 3.513.34), так что окончательного мнения относительно действительной пригодности этих проектов не сложилось[1].

Приборы, рассматриваемые в этом разделе, классифицировали по видам потребляемой энергии (2.55), для отдельных же образцов дана классификация по месту расположения источника энергии (2.56).

3.513.1. В ы с о к о ч а с т о т н ы е п р и б о р ы с а м о н а в е д е н и я (2.552.11).

3.513.11. „Радисхен". Прибор „Радисхен" являлся прибором пассивного типа, который был разработан Научно-исследовательским институтом почты для установки в бомбах (специальный вариант падающей бомбы „Фриц-Х", см. 3.523.1) для уничтожения наземных радиопередающих станций. Первые его модели работали на коротких волнах, однако в дальнейших разработках

[1] Приводимые данные в основном взяты из доклада [48], который был доступен автору, однако без соответствующих иллюстраций.

предусматривалось применение этого прибора самонаведения также и против ультракоротковолновых передатчиков [48].

Метод пеленгации, примененный в приборе „Радисхен", базировался на том, что направление на передатчик всегда перпендикулярно векторам магнитного и электрического полей излучения (2.552). Для определения этих векторных направлений на приборе устанавливались рамочная антенна и диполь, между которыми вращалась металлическая косая шайба. Ось вращения последней совпадала с направлением продольной оси управляемого объекта. Вносимые косой шайбой искажения магнитного и электрического полей способствовали тому, что на выходе приемника, подключенного к антеннам, возникало напряжение, частота которого соответствовала скорости вращения шайбы, а величина была пропорциональна отклонению продольной оси от направления на цель (ср. 2.52). Конечно, имелось в виду, что это устройство устанавливалось только в объекте, который сам не мог создать значительного искажения полей (падающая бомба „Фриц-Х" имела симметрию относительно продольной оси). После выпрямления низкочастотного напряжения прибор давал на выходе напряжение постоянного тока, которое через коммутатор, вращающийся вместе с косой шайбой, подавалось на устройства, включающие прерыватели потока[1] падающей бомбы (ср. рис. 82—84, 92).

3.513.12. „Макс". Прибор самонаведения „Макс" разработан фирмой „Блаупункт Верке" в Берлине в двух вариантах: как пассивный прибор „Макс Р" и как активный прибор „Макс А".

Пассивный прибор самонаведения „Макс Р" должен был обеспечивать автоматическое наведение снаряда на самолеты, вооруженные бортовыми радиолокационными станциями, в особенности американским панорамным радиолокатором „Мэдоу". Соответственно этому длина его рабочей волны (λ) равнялась 3,1 *см*. Прибор работал на принципе пеленгации равносигнальной зоной в двух плоскостях (ср. рис. 35 и 2.512.2).

[1] Интерцепторы. — *Прим. перев.*

Был проведен целый ряд серьезных экспериментальных работ с различными антенными устройствами; с неподвижными (2 пары, см. 2.512.21) и вращающимися антеннами (2.512.22), имеющими параболический отражатель, с дипольным или волноводным возбуждением, а также с диэлектрическими антеннами. На основании этих исследований наиболее приемлемым оказался вариант, состоящий из четырех диэлектрических стержней (тролитул), которые попарно переключались емкостным коллектором. На рис. 61 изображена структурная схема этого прибора.

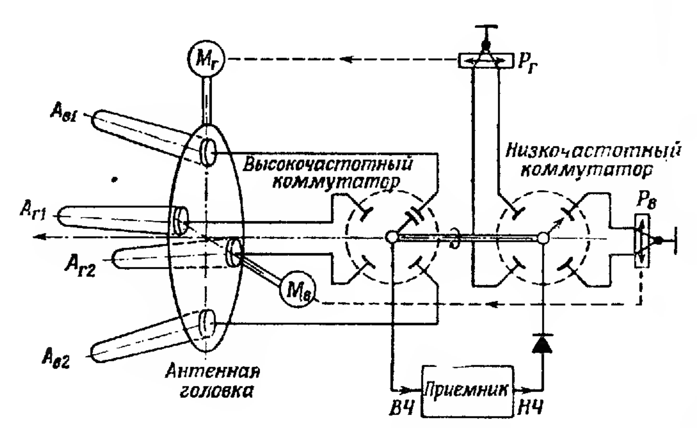


Рис. 61. Схема прибора самонаведения „Макс Р".

Две пары антенн $A_{г1}$, $A_{г2}$ (горизонтальная плоскость) и $A_{в1}$, $A_{в2}$ (вертикальная плоскость), расположенные на выпуклом основании из листового железа, имеют диаграмму направленности, которая в принципе соответствует диаграмме на рис. 35. При выбранных размерах стержней (длина 170 *мм* — 5,5 λ, диаметр основания 15 *мм* $\approx \frac{\lambda}{2}$, конусность 1,9) и при угле раствора $2\beta = 20°$ половинная ширина диаграммы направленности в условиях приращения мощности около 50 составляла $2\varphi \approx 30°$ [49].

Высокочастотная энергия от 4 стержней подводилась к емкостному коммутатору, который вращался со скоростью 3000 об/мин, синхронно с низкочастотным коммутатором (выхода). Чтобы получить выходную величину без искажений, необходимо было производить переключения скачками, что вызвало необходимость применения привода Мальтэзера. Чтобы можно было производить балансировку высокочастотных напряжений, подводимых от антенн каждой пары, были предусмотрены аттенюаторы в виде винтов из высокочастотного железа.

Таким образом, коммутирующее устройство обеспечивало переключение каждой плоскости один раз за 1/50 секунды.

Смотря по положению цели (ε положительное или отрицательное), поляризованные реле *Рг* и *Рв*, обмотки которых питаются с выхода приемника через низкочастотный коммутатор, срабатывали в том или другом направлении. Контакты поляризованных реле управляют (смотря по роду системы управления, 2.54) либо двигателями управления положением антенной головки, либо включающим устройством привода рулевых органов управляемого объекта. На рис. 61 показан вариант включения моторов *Мг* и *Мв* поляризованными реле. На антенной головке устанавливались два потенциометра, которые поворачивались вместе со всей головкой, движки же потенциометров были соединены с корпусом объекта. Напряжения, снимаемые с потенциометров, давали величины команд для управления объектом. Благодаря третьей обмотке поляризованных реле, которая присоединялась к тахогенератору, соединенному с мотором управления, достигалось требуемое демпфирование, так что в области от $-5° < \varepsilon < +5°$ обеспечивалось пропорциональное управление [49].

Приемник работал с клистроном LG-20 в суперрегенеративном включении. Суперная частота 10 *мггц* генерировалась лампой EF-12 и накладывалась на напряжение отражателя. Этим можно было достичь ширины полосы от 50 до 60 *мггц* (около 0,5%), которая была необходима, чтобы охватывать частоты радиолокационной станции „Мэддо" (около ± 25 *мггц*). Приемник имел чувствительность приблизительно 200 $кT_0$.

Особая трудность пассивного наведения на эту станцию заключалась в том, что ее — по крайней мере с макси-

мумом основного лепестка — можно было принимать только прерывисто (примерно каждые 2—3 сек.). В действительности наведение происходило не на отдельную радиолокационную станцию, а на центр излучения авиационного подразделения, находящегося в полете и имеющего на вооружении несколько таких станций. При достаточном приближении захватывались также и боковые максимумы передающей антенны.

Прибор выхода на цель, подобный прибору „Макс P", предусматривался также и в случае использования полуактивного метода (2.562, ср. 3.513.13).

Активный прибор самонаведения „Макс А" предназначался для установки как на реактивных снарядах бомбардировщика, так и на реактивных снарядах истребителя (3.525, 3.524.2). Он работал с непрерывно излучающим передатчиком на длине волны λ = 3,9 *см* и приемным устройством, которое в принципе соответствовало схеме, изображенной на рис. 61. На рис. 62 изображена блок-схема активного прибора.

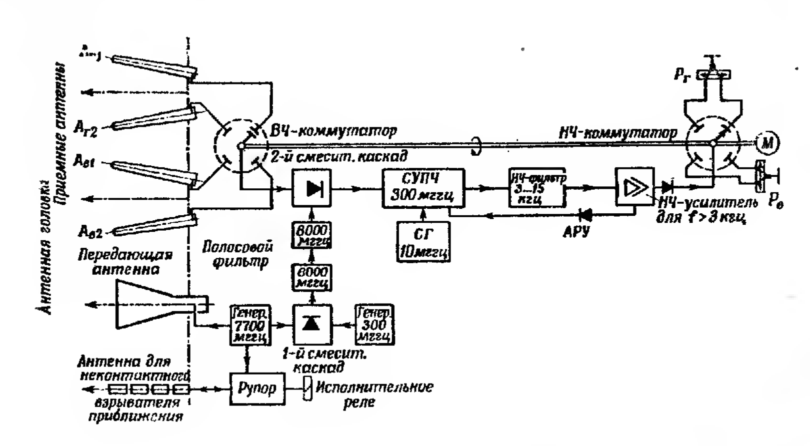


Рис. 62. Блок-схема прибора самонаведения „Макс А".
СУПЧ — суперрегенеративный усилитель промежуточной частоты 300 *мггц*; *СГ* — суперрегенеративный генератор 10 *мггц*; *АРУ* — автоматическое регулирование уровня.

Диэлектрические антенны для пеленгации в двух плоскостях по методу равносигнальной зоны располагались точно так, как и у прибора „Макс P". Так как рабочая длина волны была увеличена, то и диаметр стержней стал соответственно большим (19 *мм* $\approx \frac{\lambda}{2}$). В центре стержней, то есть в „направлении зрения" головки (2.52), на антенной тарелке была установлена передающая антенна в виде рупорного излучателя, изготовленная из жести (труба диаметром 28 *мм*, длиной 80 *мм*; рупор длиной 120 *мм*, с меньшим диаметром 28 *мм* и большим —100 *мм*). Вся головка закрывалась обтекателем из изолирующего материала с незначительной диэлектрической постоянной (пенистый игелит). Передатчик создавал непрерывно излучаемую мощность примерно 5 *вт* на частоте 7700 *мггц*. Для этого использовался восьмикамерный магнетрон LMS-86, который работал с анодным напряжением 500 *в* и независимым возбуждением магнитного поля (1600 *гс*). Небольшая часть энергии передатчика отводилась на смесительный каскад (собран на германиевых диодах), где она смешивалась с промежуточной частотой 300 *мггц* (генератор промежуточной частоты собран на лампе RL-12-T1). Из смеси частот (7400, 7700 и 8000 *мггц*) посредством двух полосовых фильтров выделяется частота 8000 *мггц* и подается на второй смеситель, который одновременно подключен к ротору высокочастотного коммутатора (как у „Макс P").

От приемных антенн второй смеситель получал две частоты: одну — образующуюся вследствие остаточных колебаний между передающей (рупорный излучатель) и приемными (тролитуловые стержни) антеннами (на это расходуется часть энергии передатчика, приблизительно 10^{-5}) порядка 7700 *мггц* и другую — высокочастотную энергию, отраженную от объекта. Частота этой доли энергии была больше частоты излучаемой энергии на частоту Допплера (относительные скорости, изменяющиеся в диапазонах V = 120 и V = 600 *м/сек*, соответствуют частотам Допплера в пределах 3080—15 400 *гц*, то есть $f_{Допплера} = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{C} f_{передатчика}$. Благодаря смешиванию этих двух частот с частотой 8000 *мггц* во втором смесителе возникала промежуточная частота 300 *мггц*,

модулированная частотой Допплера. Эта промежуточная частота усиливалась примерно в 2000 раз и демодулировалась суперрегенеративным усилителем (RL-12-T1 с генератором срывающейся частоты EF-12). Посредством такой схемы образования промежуточной частоты достигалась ее независимость от ухода частоты передатчика, так как уход частоты магнетронного передатчика в одинаковой мере сказывался и на частоте генератора гетеродинного приемника; поэтому определяющим сохранения постоянства промежуточной частоты являлось только постоянство частоты 300 *мгц* вспомогательного генератора (ширина полосы пропускания составляла около 600 *кгц*). Вследствие этого можно было сохранить чувствительность приемника около 100 κT_0.

За входным высокочастотным каскадом следовал двухкаскадный усилитель низкой частоты (2-EF-14), в котором были последовательно включены пропускающий полосовой фильтр, рассчитанный на частоты от 3 до 15 *кгц*, и высокочастотный фильтр с ограничительной частотой 3 *кгц*. Низкая частота (равная частоте Допплера), профильтрованная таким образом, выпрямлялась лампой EZ-11 и подводилась к вращающемуся коммутатору, который обеспечивал распределение сигналов на управляющие реле $P_г$ и $P_в$. Это выпрямленное напряжение использовалось, кроме того, для регулировки уровня сигнала суперрегенеративного усилителя, причем постоянная времени регулируемого контура была подобрана так, чтобы регулятор реагировал только на медленно изменяющуюся напряженность поля и не реагировал на переключение антенн (50 *гц*) [49].

Питание установки осуществлялось от 24-вольтовой бортовой сети таким образом, что обеспечивалась стабилизация тока и напряжения для отдельных особенно чувствительных потребителей: питание цепи создания магнитного поля магнетрона и питание накала клистрона осуществлялось посредством железо-водородного бареттера, другие потребители питались от преобразователя на 500 *гц*, причем для анодного и отражательного напряжений, а также напряжения Венельта для клистрона в приборе „Макс Р" была предусмотрена неоновая стабилизация.

В качестве параметров прибора самонаведения „Макс" могут быть указаны следующие величины (ср. 2.52):

Угол зрения	$\pm 10°$
Точность установки	$\pm 1°$
Скорость установки	$\pm 30°$ $\frac{1}{сек.}$
Дальность действия	для „Макс А" — 1—2 *км*, для „Макс Р" — 50 *км*, или дальность оптической видимости.

Такие приборы самонаведения предусматривались для зенитных ракет (особенно для „Шметтерлинг" и „Вассэрфаль", 3.525) и в некоторых случаях для реактивного снаряда класса „воздух—воздух" Hs-298 (3.524.2). Так как эти объекты в условиях боевого применения должны были иметь, кроме аппаратуры наведения на цель, еще и аппаратуру для приведения в действие взрывателя (2.613), исследования по использованию передатчика „Макс А" проводились с учетом и этой задачи. Часть энергии передатчика подводилась к специальной антенне (набор диполей, обеспечивающих круговую диаграмму направленности, ср. рис. 62). Этот неконтактный взрыватель приближения (2.632.2—2.632.3) имел название „Трихтэр" (см. 3.514.21) [49].

В ходе разработки приборов самонаведения „Макс" были намечены некоторые модификации. Если, например, сигнал выхода подавался не на управляющие реле, а на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки, причем антенная головка устанавливалась неподвижно по продольной оси самолета, то получался прибор выхода на цель. Этот прибор (пассивный) был изготовлен в нескольких экземплярах [49] и имел наименование „Корфу-V". Он предназначался для наведения ночных истребителей на бомбардировщики противника, имевшие на вооружении радиолокационную станцию „Мэддо" („Корфу", иначе FuMB), и для выхода на станцию „Роттердам" [1, 45].

Следующий проект состоял в том, чтобы использовать прибор („Шусс-Макс") как прицел для стрельбы из бортового оружия либо с помощью оптического указателя, подобного указателю „Корфу-V", либо путем авто-

матического наведения оружия посредством антенной головки. Была также разработана система для автоматического ведения огня из бортового оружия. Эта система, имевшая в своей основе неконтактный взрыватель приближения „Трихтэр", выполнена не была (3.514.3).

3.513.13. „Мориц" (система „Лихт"). Научно-исследовательским институтом почты были проведены исследования с целью создать специальный радиолокационный прибор для определения координат цели. Наземный передатчик облучал летящую цель; отраженные целью сигналы принимались одним или несколькими пеленгаторными приемниками, расположенными в различных пунктах. В системе „Лихт" [45, 50] применялись в качестве наземных передатчиков сначала обычные передатчики радиолокационных станций направленного действия с импульсным излучением дециметровых волн. В этом случае требовалось непрерывно направлять передающую антенну на цель. Чтобы избежать необходимости постоянно следить за направлением антенны, сначала были проведены дальнейшие исследования с импульсным переключением метровых волн и с круговым излучением, а затем было рассмотрено облучение посредством вращающейся антенны сантиметрового диапазона. В целях различения сигнала истинной воздушной цели и медленно двигающихся ложных целей, которые могли создаваться посредством листов фольги („Дюппель" [1]), принимались только те отраженные сигналы, которые были модулированы воздушным винтом.

Если вместо передатчика импульсного излучения работа производилась с передатчиком непрерывного излучения, то, кроме принимаемой модулированной частоты, получаемой за счет работы воздушного винта, принималась еще и совсем низкая частота, возникавшая за счет интерференции передающей и принимаемой частот, из которых последняя отличалась от первой на величину $\Delta f = \frac{v}{\lambda}$, где v — относительная скорость цели, отражающей сигналы, и приемника (ср. 3.513.127) [50].

Система „Лихт" вначале испытывалась для наземной пеленгации. Если же пеленгирующий приемник устанавливался на самолете (ночной истребитель), то получался

полуактивный прибор выхода на цель. Этот прибор, работающий с 10-ваттным передатчиком по методу непрерывного режима [48], имел название „Санкт-Мориц". Он был разработан Научно-исследовательским институтом почты в Морицбурге (Саксония) и должен был применяться для ночных истребителей в районе Вены. В качестве индикатора применялись двойные наушники, дающие интерференционный тон.

Если же заменить акустический индикатор на реле, подключенное на выход приемника (2.52), то можно применять прибор для целей самонаведения. Такой прибор имел название „Мориц". Его принципиальная схема подобна схеме, изображенной на рис. 61, только в этом случае вместо диэлектрических излучателей, предусмотренных для сантиметровых волн, применялись направленные антенны дециметрового диапазона. Упомянутая выше частота интерференции Δf соответствовала в этом случае „частоте Допплера", которая использовалась в приборе „Макс А" (3.513.12). Конечно, эта частота ниже, чем в приборе „Макс А", из-за более длинных волн, применяемых в приборе „Мориц".

Трудность обеспечения нормальной работы этих приборов, основанных на пеленгации методом равносигнальной зоны (ср. 2.511, рис. 35), состоит в том, что выходная величина зависит от разности двух входных величин, и поэтому соответствующий входной уровень сильно влияет на чувствительность функционирования. Требующееся при этом точное автоматическое регулирование усиления обусловливает относительную сложность приемника. Дело упрощается, если вместо разности использовать отношение входных величин (напряжений антенн). В приборе „Мориц" для этой цели впервые было предусмотрено вычислительное устройство, производившее логарифмирование сопоставляемых напряжений (для логарифмирования использовалась характеристика запирающего слоя выпрямителя, имеющая в некоторых пределах экспоненциальную зависимость). Этим достигалось такое положение, что разность выходных величин (выпрямленных напряжений) оказывалась постоянной до тех пор, пока оставалось постоянным отношение входных величин (регулированная высокая частота), при этом амплитуды вход-

ных величин могли изменяться в отношении 1 : 1000 [51].

Следует также упомянуть [48] и о затруднении в использовании прибора, которое возникало в основном при полуактивном методе наведения (2.563). Это затруднение заключалось в необходимости заботиться о том, чтобы прибор самонаведения реагировал только на излучения, отраженные от цели, и не направлялся бы на передатчик, производящий облучение цели. У приборов, подобных прибору „Мориц", которые реагируют на интерференцию прямого излучения и излучения, отраженного от цели, так же, как и у приборов, использующих для пеленгации только напряженность отраженного сигнала, это затруднение можно легко устранить.

3.513.14. Специальные высокочастотные приборы самонаведения. Кроме приборов „Радисхен" и „Мориц", Научно-исследовательским институтом почты были разработаны еще два прибора самонаведения, работающих на высоких частотах [48].

Пассивный прибор „Виндхунд" должен был осуществлять, подобно прибору „Макс Р", выход на бортовую радиолокационную станцию („Роттердам" и „Мэддо").

Активный прибор „Даккель" работал на принципе пеленгации обратного луча (радиолокационной станции) с импульсным излучением дециметровых волн (подобен активным приборам выхода на цель „Хоэнтвиль", „Лихтенштейн" и др.).

3.513.2. Оптические и инфракрасные приборы самонаведения. Описание обеих категорий приборов (2.552.12 и 2.552.13) может быть дано совместно, так как их области частот следуют друг за другом и, кроме того, в конструктивном оформлении они не имеют принципиальных отличий.

Если в оптических приборах могут применяться газонаполненные фотоэлементы и стеклянная оптика, то для инфракрасных приборов необходимы специальные элементы (с охлаждением) и специальная оптика. Конструкции приборов, действующих в области инфракрасных частот, разработаны лучше, чем приборов, работающих в световом диапазоне частот. Это обусловливалось

прежде всего тем, что инфракрасные приборы имеют более универсальное применение (2.57, табл. 8).

3.513.21. „Гамбург". Прибор самонаведения „Гамбург" (рис. 63) был разработан фирмой „Электроакустик"

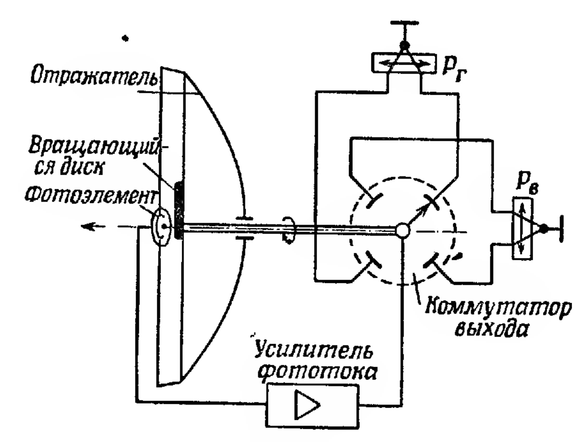


Рис. 63. Принципиальная схема прибора самонаведения „Гамбург".

в Киле и Намслау и предназначался для зенитных ракет, особенно ракет „Вассэрфаль" (3. 525.13), против воздушных целей, а также в некоторых случаях мог устанавливаться и на сбрасываемых объектах (3.523) для поражения наземных и морских целей [45.1]. Он представлял собой пассивный инфракрасный прибор, в котором в качестве приемника был предусмотрен охлаждаемый элемент, воспринимающий инфракрасные лучи. Этот элемент был специально разработан фирмой ELAC. Охлаждение элемента осуществлялось приблизительно до температуры —80° С [48] посредством твердой углекислоты. Наполнение твердой углекислотой производилось незадолго до применения. Чувствительный элемент располагался в фокусе параболического отражателя диаметром 25 *см.* На пути луча между зеркалом и фотоэлементом вращалась заслонка в виде половины круга (см. рис. 63 и 64,*а*). На приводном валу заслонки находился также ротор коммутатора, обеспечивавший четыре переключения за

один оборот (ср. также рис. 61). Таким образом, выходной сигнал усилителя фототока посредством коммутатора передавался на реле ($P_г$ и $P_в$), которые в свою очередь управляли рулевыми органами, изменяя пространственные координаты управляемого объекта, или же управляли положением отражательной системы. Посредством электрических управляющих устройств следящая головка самонаведения при попадании в ее поле зрения какой-то цели (инфракрасного излучателя) устанавливалась так, что оптическая ось зеркала („направление оси зрения") оказывалась направленной на источник излучения, так как только в этом случае обе обмотки реле могли находиться под током одинаковые промежутки времени вследствие одинаковых периодов освещения фотоэлемента при повороте заслонки на 180°. Применение следящей головки самонаведения было необходимо, поскольку угол зрения составлял всего лишь около $\pm 3°$.

Прибор „Гамбург" практически давал выходные команды только типа „да—нет" (2.311.1, рис. 10,*б*). Вес этого прибора при шести лампах составлял около 10 *кг*. Дальность действия была равна 3 *км* [48].

3.513.22. „Мадрид". Пассивный прибор самонаведения под названием „Мадрид" был разработан фирмой „Кепка" в Вене и предназначался также для зенитных ракет, в частности для ракеты „Энциан" (3.525.12). Отражательная система и фотоэлемент, воспринимающий инфракрасные лучи, были такими же, как и у прибора „Гамбург", однако заслонка имела вырез в виде квадранта (рис. 64,*б*). Принцип действия прибора такой же, как и у прибора „Гамбург". При лабораторных испытаниях прибор (в 1945 году) показал дальность действия 2—3 *км* при числе ламп от 3 до 4. Вес его был равен 5 *кг* [48].

Особенностью прибора „Мадрид" являлось то, что он имел электропневматическое устройство для управления положением головки самонаведения, при котором скорость установки должна была достигать $20° \frac{1}{сек}$, при угле отклонения до $\pm 30°$. Необходимый для работы управляющего устройства сжатый воздух находился в небольшом стальном баллончике. Воздуха хватало всего на несколько минут работы.

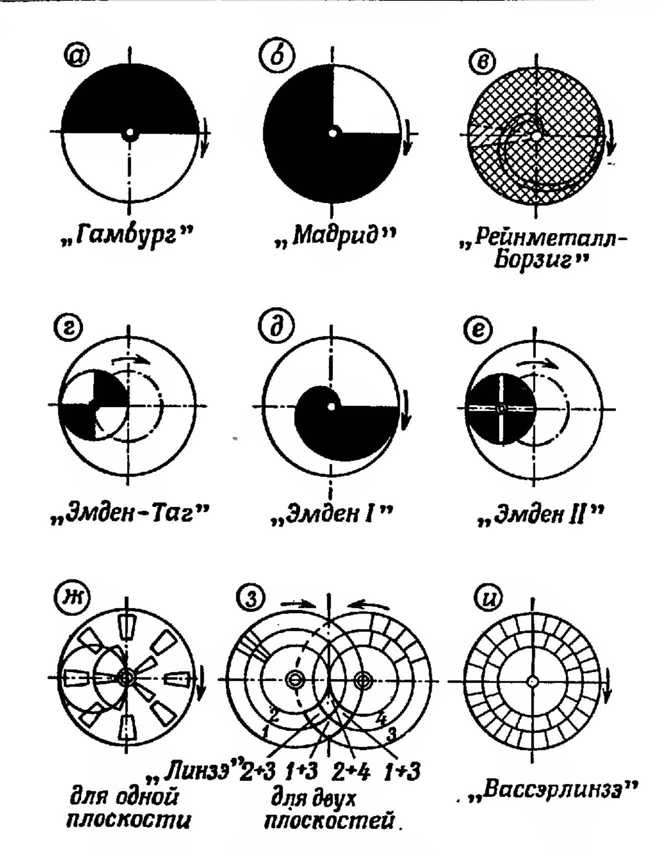


Рис. 64. Форма дисков у различных оптических и инфракрасных приборов самонаведения.

3.513.23. „Армин". Стремясь значительно увеличить угол зрения без поворота головки, фирма ELAC разработала еще один пассивный инфракрасный прибор самонаведения — „Армин". В этом приборе применялся не отражатель, а линзовый шар, вращающийся вокруг фотоэлемента со скоростью 16 об/сек. В результате расположения линз по спирали получалась полосообразная развертка пространства цели, и благодаря этому выходная величина выдавалась в полярной системе координат в виде двух компонент, причем по угловой

компоненте характеристика была непрерывной, а по радиальной—релейной. Угол зрения должен был составлять ±45°, дальность действия — 1,2 *км* [48].

3.513.24. Прибор фирмы „Рейнметалл-Борзиг". Этот прибор также имел спиральную развертку, однако обе компоненты выходной величины имели непрерывные характеристики. Прибор был разработан фирмой „Рейнметалл-Борзиг"в Бреслау и предназначался для зенитной ракеты „Рейнтохтэр" как прибор самонаведения (3.525.14). Прибор имел два диска с вырезами. Диски вращались в одном и том же направлении, но с различными скоростями. Один диск имел вырез в виде сектора, другой — в виде спиральной щели (см. рис. 64,*в*). Частота развертки составляла 10 *гц*. Усилитель фототока был собран на четырех лампах. Угол зрения составлял ±2,5°, дальность действия — около 3 *км*. Вес прибора — всего 3 *кг* [48].

3.513.25. „Эмден". В одной из исследовательских лабораторий „Всеобщей компании электричества" (AEG) была разработана группа приборов самонаведения под общим названием „Эмден", часть которых работала в области видимых излучений, а часть — в области инфракрасных лучей.

Сперва в качестве прибора для исследований был изготовлен прибор „Эмден-Таг". На нем должны были проводиться прежде всего исследования принципиальных вопросов самонаведения и в особенности вопросов включения и управления (2.512, 2.54). Прибор позволял также производить исследования с различными конструкциями модулирующих дисков и т. п. Он работал в области видимого спектра и применялся по искусственной цели, которой являлся источник света, модулированный частотой 5 *кгц*, поэтому опыты можно было проводить также и при дневном свете.

Фотоэлемент (цезиевый) устанавливался позади диска, который был выполнен, как показано на рис. 64,*г*. Диск имел два диаметрально расположенных непрозрачных квадранта и два прозрачных. Движение диска осуществлялось посредством трех эксцентриков таким образом, что ось его двигалась по окружности, в то время как сам диск вокруг своей оси не вращался. Падающий свет концентрировался собирающей линзой диаметром 10 *см*.

Напряжение постоянного тока с выхода шестилампового усилителя фототока подводилось посредством управляющего коммутатора (ср. рис. 63), вращающегося синхронно с диском, к управляющим реле для управления положением прибора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Угол зрения прибора составлял ±20° [48].

На базе прибора „Эмден-Таг" впоследствии были разработаны еще два прибора, которые должны были применяться против целей, являющихся источниками инфракрасных лучей.

Они имели специальную оптику и чувствительные элементы для работы в инфракрасной области. Применялась специальная оптика и чувствительные к инфракрасным лучам элементы фирмы ELAC.

Прибор „Эмден-I" имел управление в полярной системе координат, а „Эмден-II" — в прямоугольной (1.412). Прибор „Эмден-I" предназначался для Hs-293 (3.523.2) и „Шметтэрлинг" (3.525.11); он имел диск для получения полярных координат (рис. 64,*д*). Синхронно с диском вращался генератор переменного тока. Диск был вырезан по форме спирали Архимеда ($r \sim \varphi$), поэтому в фотоэлементе возникали импульсы тока, продолжительность которых была пропорциональна удалению изображения цели от центра диска. Изображение цели получалось в виде светящейся точки, сфокусированной в плоскости диска. Фаза импульсов фототока относительно фазы синусоидального напряжения, выдаваемого генератором, являлась критерием для направления оси координатора. Так определялось место положения цели в полярных координатах. Это давало возможность непрерывно (2.311, рис. 10,*д*) направлять оптическую ось объектива прибора самонаведения на цель. Прибор „Эмден-II" представлял собой измененный вариант прибора „Эмден-Таг". Диск, применяемый в этом приборе, изображен на рис. 64,*е*. Он давал возможность определять координаты цели в прямоугольной системе. Диск вращался синхронно с двумя генераторами, которые питали цепи двух тиратронов напряжениями, смещенными по фазе на 90°. Управление возбуждением тиратронов осуществлялось от фотоэлемента. Время прохождения тока до гашения тиратрона, когда соответствующее напряжение анода становилось от-

рицательным, являлось величиной, определяющей положение светящейся точки (изображение цели).

Приборы „Эмден-I" и „Эмден-II" вначале рассчитывали применять только ночью. Однако проведенные исследования показали возможность применения их также и в дневных условиях, для чего предусматривались специальные синие фильтры.

В дальнейшем должны были исследоваться возможности создания активного прибора. Для этой цели предусматривалась установка инфракрасного прожектора на борту управляемого объекта. При полуактивном использовании для „освещения" применялись мощные инфракрасные прожекторы. „Освещение" осуществлялось с земли или с судна. Трудность осуществления полуактивного метода состояла в том, что прожекторы, имевшие узкий пучок света (это было необходимо из энергетических соображений), должны были сопровождать летящие цели, следовательно, необходимо было точно определить также и координаты цели относительно места стоянки прожектора.

3.513.26. RT-101. Пассивный прибор самонаведения „RT-101" явился последующим вариантом этого класса приборов. Он был разработан на оптической основе Научно-исследовательским авиационным институтом в Берлине. Прибор предназначался для самонаведения падающих бомб PC-1400 или SD-1400, аналогичных телеуправляемой бомбе „Фриц-X" (см. 3.523.1), на корабли.

Прибор RT-101 имел фотоэлемент и диск, однако мог выдавать выходные сигналы только для команд „да—нет", которые должны были управлять рулевыми органами бомбы. В каждом из каналов управления имелись тиратронные контуры. Сеточные напряжения тиратронов снимались с потенциометра, который управлялся от анероидной коробки и таким образом воздействовал на регулировку чувствительности в зависимости от высоты (удаления от цели). Посредством высотного переключателя автоматически осуществлялось включение управления на высоте 4000 *м* и отключение управления на высоте 200 *м* [29].

3.513.27. „Линзэ". Принцип разработанного фирмой GEMA совместно с AEG пассивного прибора самонаведения, имеющего название „Линзэ" или „Вассэрлинзэ", был применим как для видимого излучения, так и для инфракрасного.

Вначале он был рассчитан только для автоматического управления в одной плоскости (для брандеров). Фотоэлемент был установлен за вращающимся модулирующим диском, который для модуляции был снабжен двумя концентрично расположенными рядами прорезей (рис. 64, *ж*). Число прорезей в рядах было различным.

В зависимости от того, на какой ряд прорезей падал сфокусированный линзой световой луч от цели, на выходе усилителя фототока получался сигнал большей или меньшей частоты, который через соответствующие фильтры подавался на управляющие устройства.

Благодаря установке двух модулирующих дисков с различным числом прорезей, как показано на рис. 64, *з*, образуются четыре перекрывающихся поля, каждое из которых определяло две частоты из четырех возможных частот модуляции. С выхода усилителя такая смесь частот подавалась в фильтрующие каскады. По выделенным частотам можно было судить о направлении оси прибора[1]. Эти сигналы могли фиксироваться посредством реле или других элементов и применяться для управления по принципу „да — нет". Эта довольно сложная система упрощалась тем, что вместо двух модулирующих дисков устанавливался один (рис. 64, *и*). Два противолежащих квадранта этого диска модулировали лучистый поток одними частотами, а два других — двумя другими частотами, отличными от первых. Посредством коммутатора (рис. 63) команды управления распределялись соответственно различным частотам по каналам управления. Прибор с трехламповым усилителем при угле зрения ±3° должен был иметь дальность действия около 3 *км* [48].

3.513.28. „Коттбус". В то время, как во всех инфракрасных приборах, рассмотренных до сих пор, в качестве приемника лучистой энергии использовались фотоэлементы, в разработке находились заказанные военно-воздушными силами еще два пассивных прибора самона-

[1] В двух плоскостях. — *Прим. ред.*

ведения: „Коттбус С" (фирма „Классэн"), который был выполнен по аналогии с прибором „Гамбург" (3.513.21), но вместо фотоэлемента имел термоэлемент [45.1], и „Коттбус Z" (фирма „Цейсс"), имевший в качестве чувствительного элемента болометр. Опытные приборы вначале давали возможность получать команды только в одной плоскости [45.1].

3.513.29. „Лихтаутомат G". Наконец следует упомянуть еще об одном приборе, который принципиально отличался от рассмотренных выше, ибо его особенность заключалась в том, что он должен был непосредственно реагировать не на энергию, излучаемую (или отражаемую) целью, а только на контрастность, которой обладала цель, освещенная дневным светом (например, контуры цели по сравнению с окружающей средой), то есть был основан на так называемом контрастном управлении. Сначала этот прибор, „Лихтаутомат G", предназначался для автоматического самонаведения бомб на морские цели. Он был спроектирован приблизительно в 1941 году в лаборатории фирмы стальных конструкций „Гольнов унд Зон" в Штеттине. Ведущий инженер доктор Рамбауске после прекращения работ в этой лаборатории продолжал разрабатывать свой первоначальный замысел в других институтах и, между прочим, в Научно-исследовательском институте физики, Дрессенфельд [9, 48]. Однако прибор так и не был доведен до состояния пригодности практического применения. Он содержал иконоскоп со спиральной разверткой электронным лучом. В иконоскопе цель выделялась благодаря контрасту с соседними точками изображения, так что в месте изображения цели получалось импульсное изменение тока иконоскопа. Если изображение цели совпадало с центром фотокатода, то команда управления отсутствовала. При смещении же точки цели посредством сравнения с фазами соответствующих опорных напряжений подавались непрерывные команды, соответствующие двум плоскостям управления. Так как угол зрения иконоскопной установки составлял только $\pm 3°$, то был использован еще и поворачивающийся отражатель. Угол поворота отражателя при скорости поворота $90° \frac{1}{\text{сек.}}$ должен был составлять $\pm 25°$

[48]. Отражатель поворачивался благодаря командам, выдаваемым иконоскопом посредством сложного управляющего устройства. Для упрощения системы была предусмотрена возможность применения широкоугольной оптики. Несмотря на это, система оставалась весьма сложной: 9 ламп и иконоскоп, а потребляемое напряжение — 1000 *в*!

Следует также упомянуть и о попытке применить для автоматического самонаведения по методу контрастного управления телевизионную камеру „Тоннэ" (3.512.11) фирмы „Фернзэе" в Берлине.

3.513.3. А к у с т и ч е с к и е г о л о в к и с а м о н а в е д е н и я (2.522.2). Здесь следует рассмотреть: во-первых, головки используемые на летательных аппаратах, то есть акустические воздушные головки, а во-вторых, — акустические подводные головки для автоматического управления торпедами. Основные трудности, особенно для головок первого типа, состояли в том, что самолеты, и в первую очередь ракеты, в корпусе которых должны были монтироваться головки самонаведения, создавали значительные собственные шумы, которые дополнялись шумами от обтекания летящего снаряда воздушным потоком. Поэтому в целях определения наиболее благоприятного размещения чувствительных элементов (микрофонов) и с целью получения удовлетворительного отношения полезного акустического сигнала к мешающим воздействиям[1] необходимо было провести тщательные исследования каждой конкретной конструкции акустических головок самонаведения.

Следующий недостаток акустических систем связан с незначительной скоростью распределения звуковых волн (приблизительно 330 *м/сек*) в воздушной среде. Благодаря этому пеленгируемое направление на источник звука в момент прихода звуковых волн в общем не совпадает с направлением на цель и при известных обстоя-

[1] Эти положения относятся и к акустическим взрывателям, срабатывающим на определенном расстоянии от источника звука (3.514.23), однако указанные отношения для них могут быть меньшими, так как требуемые радиусы действия существенно меньше, и соответственно давления полезных звуковых волн, действующие на чувствительные элементы взрывателей, выше.

тельствах (особенно, когда объект движется очень быстро) траектория полета объекта получает бо́льшую кривизну и длину по сравнению с объектами, снабженными головками, работающими на принципе использования электромагнитного поля.

Акустические воздушные головки работали исключительно по принципу пассивного метода (2.561) и, следовательно, были применимы только для наведения на цели с мощным звуковым излучением. Активные акустические воздушные головки (2.562) в силу малой плотности звуковых волн в воздушной среде практически не могут быть созданы. Проводились опыты по созданию активных акустических подводных головок („Гайер", см. 3.513.35).

3.513.31. „Дог". Головка самонаведения „Дог", разработанная фирмой „Телефункен" после предварительных исследований доктора Крамера (фирма „Рурштальˮ), предназначалась специально для установки на снаряде класса „воздух—воздух" X-4 (3.524.1). Так как эта ракета вращалась при полете вокруг собственной продольной оси, то для пеленгации поочередно по азимутальному углу и по углу места было достаточно иметь два микрофона. Распределение сигналов по продольному и боковому каналам осуществлялось с помощью стабицизированного гироскопом коммутатора (см. рис. 92, 93).

Оба микрофона размещались примерно на расстоянии 70 *см* друг от друга (диаметр корпуса ракеты X-4 равен 22 *см*) в отдельных обтекателях, которые по окружности в одной плоскости имели несколько отверстий для приема звуковых волн (рис. 65).

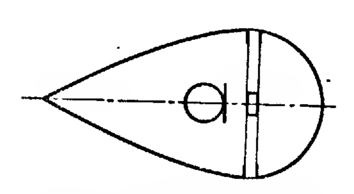


Рис. 65. Установка микрофона в головке самонаведения „Дог".

Наиболее целесообразная форма обтекателей и наивыгоднейшее расположение таких отверстий были выбраны после нескольких предварительных исследований, с тем чтобы обеспечить минимальное давление акустических помех (этот минимум воздействия акустических помех почти совпадает с нулевой зоной равного давления).

Благодаря этому давление на микрофон со стороны акустических помех снижалось примерно до 1 *мкбара* (при частоте 100 *гц* это составляет приблизительно 60 *фон*), что при источнике полезных звуковых волн с градиентом 1000 *мкбар* на 1 *м* обеспечивало дальность действия до 1000 *м*. Влияние создаваемых двигателем ракеты X-4 акустических помех удалось снизить до необходимого минимума (в некоторых случаях приходилось прибегать к отключению приводного двигателя в момент передачи управления акустической головке самонаведения) [48].

Отношение полезного акустического сигнала к мешающим воздействиям достигало оптимального значения в диапазоне частот от 100 до 200 *гц*. В силу этого головка конструировалась так, чтобы ее собственные резонансные частоты лежали вне этой области. Источник полезных звуковых волн (двигатель самолета-цели) имел максимум излучения в пределах частоты 100 *гц*. Однако вследствие эффекта Допплера частота воздействующих на микрофон звуковых волн была выше. Настройка системы на относительно узкий диапазон частот (спектр частот источника звуковых волн значительно шире) вызывалась необходимостью получения отчетливых фазовых соотношений между сигналами обоих микрофонов, которые использовались в качестве чувствительных элементов направленного действия. К микрофонам подключались два одинаковых усилителя, работавших на фазовый дискриминатор. Выпрямители последнего включались встречно и выдавали выходной ток, сила которого оказывалась пропорциональной отклонению цели (рис. 66). Угол зрения должен был составлять примерно $\pm 30°$.

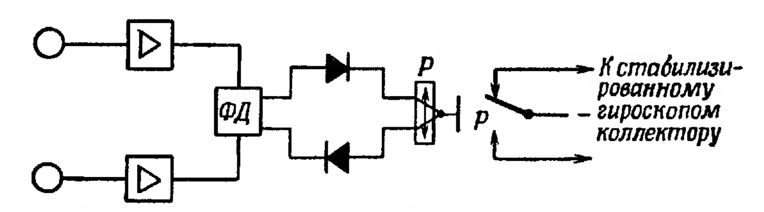


Рис. 66. Функциональная схема головки самонаведения „Дог".
ФД — Фазовый дискриминатор.

3.513.32. „Люкс". Эта головка самонаведения создана Научно-исследовательским институтом имперской почты в Вюрцбурге. Она предназначалась для установки на зенитных ракетах (3.525). Так как последние не вращались вокруг своей продольной оси, то потребовалась раздельная пеленгация по двум координатам. В головке монтировалось четыре направленных микрофона, которые для сравнения амплитудных значений выходных сигналов поочередно подключались к одному общему усилителю с помощью вращающегося коммутатора (см. рис. 61). Ввиду низкой частоты принимаемых сигналов частота коммутации должна была выбираться достаточно малой. Допустимы ли были обусловленные этим большие постоянные времени, должно было выясниться в ходе экспериментальных исследований, которые к концу войны, однако, завершены не были.

3.513.33. Головка самонаведения фирмы ELAC. Эта пассивная акустическая головка самонаведения была спроектирована фирмой „Электроакустик" в Киле и являлась дальнейшим развитием головок с упомянутым в предыдущем разделе переключением сигналов. Головка имела четыре двойных микрофона с четырьмя отдельными усилителями. Два динамических микрофона одной группы подключались электрически к входу одного из четырех усилителей, построенных на 3—4 лампах. Все четыре группы микрофонов должны были монтироваться на четырех зондах, отстоящих друг от друга на расстоянии 25 *см*; микрофоны по возможности должны были размещаться в зоне минимальных акустических помех. С помощью систем вращающихся полей и кольцевых модуляторов на выходе усилителей каналов обеих плоскостей управления следовало определить разность фаз, которая использовалась для образования управляющего сигнала. При этом, по данным фирмы „ELAC" [48], достигалась точность пеленгации до 1° при угле зрения ±90°. Однако это предполагало наличие четырех двойных микрофонов усилителей с одинаковыми характеристиками (по усилению и сдвигу фаз). Для того чтобы реализовать все эти условия в применяемых на практике головках самонаведения, необходимо было преодолеть значительные трудности.

3.513.34. Головки „Цаункёниг" и „Лерхе". Акустическая головка самонаведения „Цаункёниг" предназначалась для наведения на цель подводных торпед. Она разрабатывалась специальной торпедной комиссией под руководством проф. Кюпфмюллера, в работе комиссии принимали участие несколько фирм, в том числе „Атлас-Верке" в Бремене. В качестве чувствительных элементов головка имела два магнитострикционных вибратора, которые устанавливались в головной части торпеды (рис. 67)

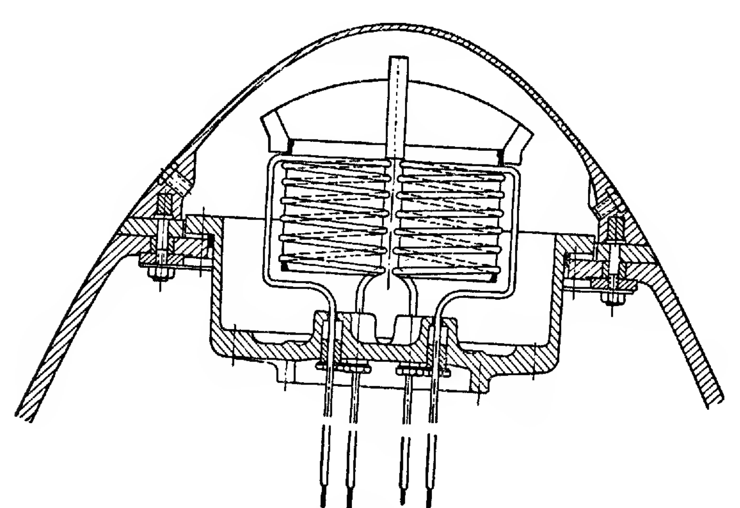


Рис. 67. Приемная часть акустической головки самонаведения „Цаункёниг", расположенной в головной части торпеды.

таким образом, что главные максимумы их клинообразных характеристик направленности смещались в горизонтальной плоскости относительно продольной оси торпеды примерно на ±30° [14]. Напряжение низкой частоты, созданное в чувствительных элементах под воздействием исходящих от винта корабля-цели звуковых волн, усиливалось и выпрямлялось. Сигнал управления, полученный сравнением выходных величин отдельных каналов, воздействовал непосредственно на управляющий орган (руль направления) торпеды. С его помощью торпеда наводи-

лась на цель по кривой погони (2.53) с задней полусферы (следовательно, на винты).

Головка самонаведения „Цаункёниг" успешно применялась в последние годы войны. С ее помощью было уничтожено несколько миноносцев. В качестве защитного средства против торпед с этой головкой, работавшей по пассивному методу, со стороны противника вскоре стали применяться искусственные источники акустических помех („dummies"), которые буксировались за кораблем или в случае необходимости просто выбрасывались за корму [14].

Подобные же средства защиты (см. также 1.221.2) оказались бы действенными и против объектов, снабженных пассивной акустической головкой „Лерхе". При этом в головной части торпеды на основании воронки, изготовленной из губчатой резины, устанавливался кольцевой вибратор с частотой 35 *кгц*, который создавал луч размером 1 λ по горизонтали и 3 λ по вертикали[1].

Следовательно, речь шла о пеленгации местоположения источника звуковых волн (цели) по максимуму (2.412.32). Принятые сигналы от цели передавались по проводной линии связи к пункту управления (на подводную лодку) [46]. Провода линии связи (длиною до 6 *км*) при движении торпеды сбегали с катушек. Они служили одновременно для передачи команд управления (см. систему NYK, 3.511.25).

3.513.35. „Гайер". Чтобы сделать применение названных выше простых средств защиты (искусственные источники помех) неэффективным, в конце войны для торпед была разработана активная акустическая головка самонаведения, которая получила наименование „Гайер" [14]. Для этой цели в корпусе торпеды дополнительно к приемной паре устанавливалась передающая пара магнитострикционных вибраторов, излучающих в горизонтальной плоскости импульсы звуковых волн. Импульсы, отраженные от крупных объектов, должны были пеленговаться приемной частью головки самонаведения.

3.514. *Взрыватели, срабатывающие на расстоянии, и автоматические.* Основные положения об устройстве

[1] По данным доктора В. Кунце, «Атлас-Верке», Бремен.

этих приборов содержатся в разделе 2.6. Здесь мы ограничимся кратким упоминанием о созданных и проектировавшихся взрывателях в связи с конкретными проектами систем телеуправления.

3.514.1. Взрыватели, срабатывающие на расстоянии. К ним относятся все устройства, у которых для возбуждения отдельных процессов (2.612) используется передача информации на расстоянии, например электрическое воспламенение взрывчатых зарядов всех видов по проводной линии связи или уже неоднократно упоминавшаяся команда на остановку двигателя снаряда Фау-2 по радиолинии (3.522, рис. 79), равно как и упоминавшееся выше устройство для воспламенения заряда на расстоянии носителя взрывчатого вещества В-4 (3.526.12).

К радиосистеме управления „Кель—Страсбург" (3.511.12) также был создан прибор для воспламенения заряда на расстоянии (FuG-203 *h*/230 *a*), в котором, кроме имеющихся четырех модуляционных частот, предусматривалась установка пятого низкочастотного генератора, включавшегося нажатием кнопки („датчик взрывателя") и образовывавшего через последующий низкочастотный фильтр — в приемниках „Страсбург-Н", „Марбург" или „Кольмар" (3.511.13) — команду на воспламенение взрывчатого вещества. Этот прибор предполагалось использовать для воспламенения заряда на планирующих бомбах (Hs-293 и др.) и на истребительных ракетах (снарядах класса „воздух—воздух") Hs-298 и Hs-117 в том случае, если снаряд минует цель. Предусматривалась возможность подачи команды на воспламенение взрывчатого вещества также и в радиосистеме управления „Когге" (3.511.14).

3.514.2. Автоматические взрыватели. Подобно тому как это было сделано в отношении систем самонаведения, в данном случае приборы необходимо систематизировать в соответствии с формами применяемой энергии (2.622). Что касается различия между дистанционными взрывателями и взрывателями приближения, то о нем уже указывалось в разделе 2.621 (см. также табл. 13).

3.514.21. Высокочастотные взрыватели. Единственный

такой взрыватель, находившийся в серийном производстве, носил название „Какаду". Он был разработан и построен фирмой „Донаулэндише Аппаратебау" в Вене и предназначался для установки на зенитных и истребительных ракетах. Взрыватель имел передатчик, излучавший электромагнитные волны частотой 600 *мгц*, и приемник, который с помощью приемной антенны (смонтированной вместе с передающей антенной) принимал отраженные от цели электромагнитные волны частотой около 600 *мгц*. При сложении принятого и передаваемого сигналов образовывалась „частота Допплера" (3.513.12—13), прохождение которой через нулевое значение использовалось для подачи команды на воспламенение взрывчатого вещества. Таким образом, взрыватель „Какаду" действовал как „взрыватель приближения" (2.632.2 и рис. 38). Подобным же образом, но на несколько более длинной волне работал и взрыватель „Пиншер" [1] и [46].

Эффект Допплера был использован и для взрывателя приближения „Трихтэр", который должен был применяться вместе с прибором самонаведения „Макс А" фирмы „Блаупункт-Верке" в Берлине (3.513.12, рис. 62). При этом для срабатывания взрывателя в момент прохождения его на минимальном расстоянии от цели (2.632.2) [49] дополнительно использовалась направленность диаграммы излучения антенного устройства (ряд диполей с дискообразной диаграммой в плоскости, перпендикулярной к направлению полета ($\lambda = 3{,}9$ *см*). В системе взрывателя FuG-380 использовался эффект колебательной обратной связи. Возбуждение колебаний должно было нарушаться при приближении к антенне взрывателя электрически проводящей цели (самолета); происходило изменение тока в анодной цепи лампы колебательного каскада, что использовалось для возбуждения желаемого процесса [46]. Этот взрыватель являлся прибором, родственным с измерителем малых высот „Лоренц".

На принципе устройства измерителя малых высот фирмы „Сименс" FuG-101 базировался дистанционный взрыватель „Марабу", предназначавшийся специально для зенитных ракет [46, 47]. Он использовал пилообразные частотно-модулированные колебания, которые после

отражения от цели накладывались в приемном устройстве на передаваемый сигнал, благодаря чему на выходе получалось напряжение с частотой, прямо пропорциональной расстоянию до цели [1]. Смотря по тому, происходило ли срабатывание исполнительного реле взрывателя при достижении определенной частоты или же при прохождении минимальной частоты, получался либо „дистанционный" взрыватель, либо взрыватель приближения. Все названные устройства представляли собой активные взрыватели. Пассивные высокочастотные взрыватели не проектировались, так как при наведении на радиопередатчики противника не было уверенности, что последние не будут выключены в момент сближения с целью. Иначе выглядит проблема, если речь идет об исполнении определенных команд, как например при пролете над передатчиком, который специально излучает колебания для этой цели, оставаясь включенным во время приближения к нему телеуправляемого объекта. К этому случаю относятся, например, контакты „Фюлер" („Сэнзор" [65]) — о них упоминается в разделе 3.6, — предназначавшиеся для переключения при полете над передатчиками во время программного полета (табл. 17, номера 6/7, 8/9, 10/11, 11/12).

3.514.22. Оптические приборы. К этому типу относится разработанный „Всеобщей компанией электричества" дистанционный взрыватель „Пистоле" [46]. Он имел источник света (не исключался источник инфракрасного излучения), помещавшийся внутри вращающегося цилиндра, снабженного прорезями, так что модулированный свет излучался в радиальном направлении (перпендикулярно направлению движения). Если вблизи прибора оказывалось отражающее тело (цель), то фотоэлемент воспринимал отраженные лучи, и тогда через усилитель и низкочастотный фильтр приводилось в действие исполнительное реле.

3.514.23. Акустические приборы. Истребительная ракета Х-4 (3.524.1) снабжалась разработанным доктором Крамером (фирма „Руршталь" в Бракведе) очень простым акустическим дистанционным взрывателем („Майзэ"). В корпусе этого снаряда (рис. 91) помещался микрофон, который при приближении снаряда на определенное

расстояние к источнику звуковых волн — двигателю самолета (около 130 *фон*) — вырабатывал сигнал, необходимый для непосредственного срабатывания чувствительного реле, что должно было вызывать взрыв снаряда. Для выбора местоположения микрофона справедливы положения, отмеченные для головки самонаведения „Дог" (3.513.31, см. примечание на стр. 217).

Подобные пассивные приборы в экспериментальном порядке устанавливались также в свободно падающих снарядах, не имевших двигателя, и использовались в небольших количествах для целей противовоздушной обороны. В последнем случае борьба с летящими в сомкнутом строю соединениями бомбардировщиков велась путем сбрасывания бомб на центр строя самолетов противника с летящих выше бомбардировщиков-истребителей.

Здесь же следует упомянуть и об акустических взрывателях для морских мин, которые срабатывали при прохождении над ними кораблей с работающими винтами (источники звуковых волн).

О том что техника телеуправления может применяться не только для воспламенения взрывчатого вещества, говорит начавшееся недавно в Германии применение акустических дистанционных „взрывателей" в качестве „сигнализаторов обгона" для грузовых автомобилей и автопоездов. Приборы размещаются в кабине водителя или машиниста и срабатывают при подаче звукового сигнала идущим позади транспортом.

3.514.24. Статические приборы. В рассмотренных нами до сих пор дистанционных взрывателях и взрывателях „приближения" использовалась энергия электромагнитного или акустического излучения (2.522, 2.622), однако наряду с ними было разработано несколько приборов, в которых в противоположность приборам самонаведения использовались стационарные поля (2.551).

Активным прибором, который должен был срабатывать от возмущения электростатического поля, являлся конденсаторный взрыватель приближения, созданный „Всеобщей компанией электричества". Летящий объект имел укрепленный в изоляторе щуп (штанга длиной примерно 1,5 *м*, установленная перед носовой частью Hs-293, Hs-

217 и др.), емкость которого относительно корпуса „измерялась" с помощью высокочастотной мостовой схемы. При приближении к проводящему электрический ток (или к диэлектрическому) телу эффективная емкость увеличивалась и нарушение равновесия моста использовалось для воспламенения заряда.

Подобный же прибор, рассчитанный на использование магнитного поля, назывался „Изэгрим" [46]. В нем для срабатывания взрывателя использовалось изменение взаимной индуктивности между двумя катушками при приближении к проводящему электрический ток или обладающему магнитными свойствами (магнитопроницаемому) телу. По этому принципу работали широко известные магнитные взрыватели для морских мин и торпед. Чтобы обеспечить воспламенение взрывчатого вещества в случае промаха, в планирующей („ныряющей") бомбе Hs-294 (3.523.3) также применялся магнитный взрыватель.

Для срабатывания пассивного электростатического дистанционного взрывателя „Куглокке" должен был использоваться электростатический заряд самолета [46].

В отношении пассивных магнитостатических приборов существовало мнение, что большие по размерам самолеты образуют за счет токов, протекающих по их широко разветвленной бортовой сети, значительные магнитные поля рассеивания.

Необходимо сделать еще одно краткое замечание о расстояниях срабатывания автоматических взрывателей.

Так как разрушительное действие заряда пропорционально r (r^{-3} — расстояние до цели), то следует выбирать расстояние срабатывания взрывателя в зависимости от величины заряда. Следовательно, применяя дистанционные взрыватели для достижения максимального эффекта, необходимо обратить внимание на то, чтобы они не срабатывали преждевременно. В силу этого вообще необходимо отдать предпочтение взрывателям приближения, которые срабатывают лишь в момент прохождения снарядом точки, находящейся на минимальном расстоянии от цели (2.621). При этом нужно по возможности стремиться уменьшить время замедления срабатывания взрывателя, так как в течение процесса срабатывания расстояние до цели вновь начинает увеличиваться. У автоматических

взрывателей, предназначаемых для поражения самолетов, расстояние срабатывания колеблется между 4 и 12 *м*, то есть в среднем составляет около 7 *м*.

3.514.3. Прочие автоматические исполнители специальных команд. Кроме упомянутых уже автоматических взрывателей, имелся еще ряд проектов приборов, с помощью которых было бы возможно подобными же техническими средствами возбуждать другие процессы. В качестве важнейших из них назовем проекты приборов для автоматического открытия огня из огнестрельного оружия. При установке взрывателя приближения на земле с направленной вверх диаграммой излучения получался прибор „Тиффлигерфалле"— модификация прибора „Трихтер" фирмы „Блаупункт-Верке" (3.514.21, 3.513.12) [49].

Подобная аппаратура должна была применяться и на истребителях для автоматического открытия огня из бортового оружия при пролете сверху или снизу вражеского самолета, так как при очень высоких относительных скоростях „эффективное" возбуждение желаемого процесса с помощью рук становится практически неосуществимым.

Всеобщая компания электричества разрабатывала инфракрасный прибор „Цоссен" специально для установки на реактивных истребителях Ме-163 [45.1]. Пассивный инфракрасный прибор „Вюнсдорф" фирмы ELAC должен был вместе с устройством „Бликрихтунг" устанавливаться на штурмовиках в нижней части фюзеляжа, чтобы автоматически открывать огонь из направленных вниз пушек по танкам и паровозам [45.1].

Наконец упомянем еще проект прибора „Эббе", который разрабатывался фирмой „Телефункен" в сотрудничестве с ведомством железных дорог. Прибор должен был служить для электрического подрыва железнодорожных мин и представлял собой в некоторой степени комбинацию взрывателя, действующего на расстоянии, и автоматического взрывателя. Излучение электромагнитной энергии осуществлялось при помощи расположенного на некотором расстоянии от мины коротковолнового передатчика, а передача энергии к взрывателю для его срабатывания происходила автоматически при движении поезда над миной [45]. Благодаря этому имелась возможность управлять взрывом произвольно и даже после закладки мины пропускать по участку любое количество поездов.

3.52. Проекты телеуправляемого оружия

В этом разделе мы рассмотрим наиболее важные образцы телеуправляемого оружия, разработанного в Германии в годы второй мировой войны. При этом вначале дается краткий обзор проектов и в заключение излагаются особенности некоторых технических решений.

3.521. Самолет-снаряд Fi-103, или Фау-1. Этот летательный аппарат, наиболее широко применявшийся во время войны по сравнению с другими видами реактивного оружия дальнего действия, хотя и не являлся телеуправляемым, однако должен быть рассмотрен как пример полностью автоматически управляемого летательного объекта.

3.522. Ракета дальнего действия А-4, или Фау-2. Она также в основном является объектом автономного управления. Но его следует коснуться, так как часть применявшейся аппаратуры была снабжена устройствами для осуществления телеуправления в плоскости. Более того, техника обеспечения движения по определенной траектории и образования команды остановки приводного двигателя находится в рамках рассматриваемых здесь вопросов.

3.523. Телеуправляемые бомбы „Фриц-Х" и Hs-293, которые в основном применялись как собственно телеуправляемые летательные объекты.

3.524. *Телеуправляемые истребительные ракеты класса „воздух—воздух" Х-4 и Hs-298.*

3.525. Телеуправляемые оборонительные снаряды (для отражения атак истребителей).

Сравнительные данные названного здесь авиационного оружия приведены в табл. 15, где предпринята попытка дать классификацию, согласно примененной в разделах 1 и 2 первой главы систематизации. Нами уже коротко рассматривались (3.526) некоторые из проектов немецкого телеуправляемого оружия (см. также 3.32, табл. 10).

3.521. *Самолет-снаряд Fi-103, или Фау-1.* Этот крылатый снаряд был создан за очень короткое время в 1942 году самолетостроительной фирмой „Физелер" в Касселе под руководством Управления германских ВВС и испытан на опытном полигоне Пенемюнде-Вест. Для сохранения в тайне всех работ по ее созданию он был условно назван „Киршкерн" и получил кодовое наименование FZG-76.

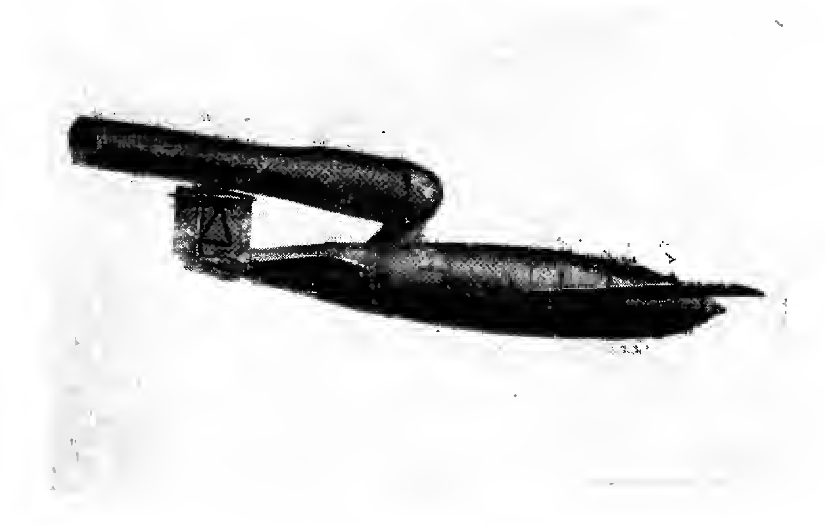


Рис. 68. Автономно управляемый самолет-снаряд Фау-1 (Fi-103).

После первого боевого применения 12—13 июня 1944 года [9, 11, 25] в добавление к фабричной марке Fi-103 ему было дано обозначение Фау-1 (V-1, где V (фау) — первая буква слова Vergeltung — расплата, возмездие).

Основные данные изображенного на рис. 68 и 69 снаряда [8, 25]:

Общая длина .... 7,73 *м*
Наибольший диаметр фюзеляжа .... 0,82 *м*
Размах крыла .... 4,9 *м*
Стартовый вес .... 2,2 *т*
Полезная нагрузка .... 1000 *кг* (заряд ВВ)
Двигатель прямоточный ВРД („труба Шмидта", Германский патент 1931 года [9]) моторостроительного завода „Аргус" в Бранденбурге.

Топливо .... низкосортный бензин
Емкость бака .. примерно 600 *л*
Скорость полета около 160 *м/сек*
Радиус действия около 250 *км*

У отдельных более поздних снарядов максимальная дальность действия была увеличена до 370 *км* [11].

Точность попадания — приблизительно 4 × 4 *км* при дальности полета 250 *км*.

Старт Fi-103 осуществлялся с помощью ускорительной стартовой установки, выполненной в виде трубчатой катапульты с парогазовым приводом (использовалось каталитическое разложение перекиси водорода). При старте самолет-снаряд испытывал ускорение 21 *g* (206 *м/сек*²), при этом скорость полета достигала примерно 86 *м/сек*. С этой скоростью он поднимался до заданной высоты (см. ниже), чтобы в последующем горизонтальном полете развить скорость 160 *м/сек*. Стартовые установки требовали больших строительных затрат.

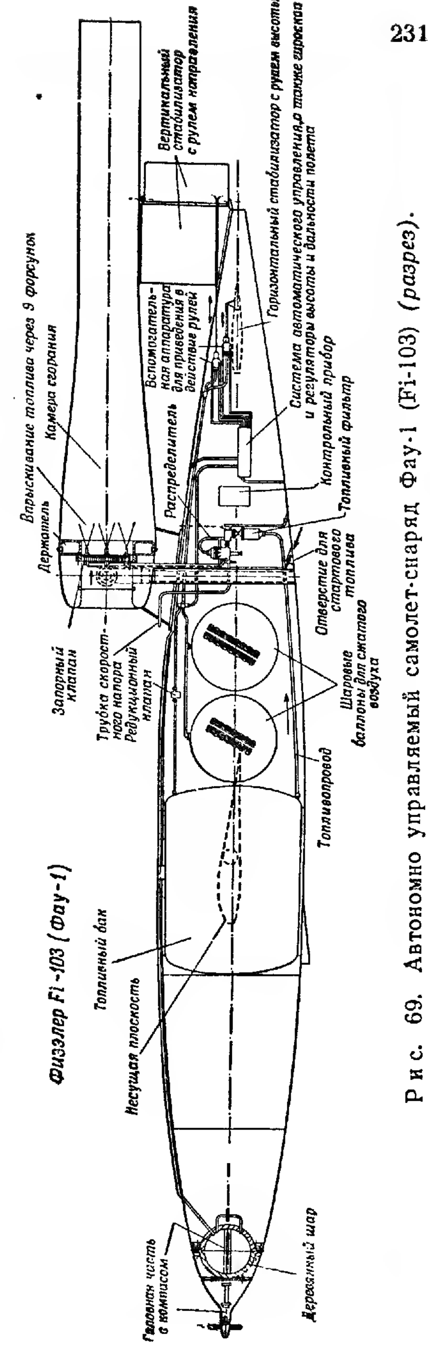


Рис. 69. Автономно управляемый самолет-снаряд Фау-1 (Fi-103) (*разрез*).

Многочисленные бетонные площадки на побережье Ла-Манша уже в 1943 году, согласно англо-американскому плану „Cross bow” [11], были подвергнуты последовательным бомбардировкам с воздуха. Во время испытаний, а к концу войны и в боевых условиях самолеты-снаряды запускались с самолетов-носителей (Ме-111). Был создан также один опытный образец такого самолета для полета с экипажем.

Серийные снаряды Fi-103 снабжались системой автоматической стабилизации относительно трех осей (2.23 и рис. 7), которая была создана фирмой „Аскания-Верке” в Берлине. В качестве датчика отклонения от заданного курса служил приводимый во вращение сжатым воздухом гироскоп, который корректировался по курсу магнитным датчиком. В то время как для большей части снарядов курс задавался направлением старта и оставался на все время полета неизменным [2.21], к концу войны отдельные образцы стали снабжаться устройствами разворота, так что самолеты-снаряды после старта могли выполнять вираж по программе (2.251).

Высота полета могла устанавливаться по барометрическому датчику в диапазоне 200—3000 *м* (2.222). Для определения расстояния до цели в носовой части объекта размещался приводимый в движение небольшим воздушным винтом счетчик пути („воздушный лаг”). По достижении предварительно рассчитанного расстояния от места старта счетчик пути отключал двигатель, одновременно подавал команду на руль высоты и самолет-снаряд переводился в пикирующий полет.

Часть снарядов Фау-1 снабжалась радиопередающими устройствами, так что с помощью перекрестной пеленгации можно было проследить за траекторией полета и определить место падения снаряда (по прекращению работы передатчика).

Подготовка к серийному выпуску снаряда началась с 1943 года на вагоностроительном заводе в Фаллерслебене. С июня 1944 года по март 1945 года только по целям в Англии, главным образом по Лондону, было выпущено 9300 снарядов Фау-1. Много снарядов было выпущено также и по другим целям [8, 11, 12, 25].

3.522. *Ракета дальнего действия А-4, или Фау-2.* Несомненно, самой известной из всех образцов телеуправляемого оружия была немецкая ракета дальнего действия А-4, которая после первого боевого применения в сентябре 1944 года получила наименование V-2 (Фау-2). Этот объект представлял собой одно звено в создании целого ряда так называемых „Агрегатов” (А...). Еще в 1932—1933 годах была начата постройка агрегата А-1. Первая попытка запуска жидкостно-реактивного двигателя, обладавшего тягой 300 *кг* (проект Управления вооружений сухопутных войск), была сделана на артиллерийском полигоне Куммерсдорф 21 декабря 1932 года [11]. Снаряд А-1 имел стартовый вес 150 *кг*, длину 1,4 *м* и максимальный диаметр 30 *см*. Для стабилизации продольной оси предусматривалась установка в головной части снаряда тяжелого маховика весом 40 *кг*. Так как головная часть этого летательного аппарата оказалась утяжеленной, то гироскопическое тело было перемещено в центральную часть снаряда. Появившийся вслед за первым агрегат А-2, оснащенный таким же двигателем, при первых же испытаниях на острове Боркум в декабре 1934 г. достиг высоты 2,2 *км* при продолжительности работы двигателя 16 сек. [8, 11].

В марте—апреле 1936 года было принято решение создать объединенный центр по разработке ракетного оружия для авиации и сухопутных войск. Тогда-то в Пенемюнде и возникли армейский испытательный полигон „Пенемюнде-Ост” и опытный полигон ВВС „Пенемюнде-Вест”, где проводились дальнейшие исследования и испытания, а на полигоне „Пенемюнде-Ост” — даже производство снарядов. В Куммерсдорфе разрабатывались дальнейшие типы снарядов — агрегаты А-3 и А-4. Первые опыты с ними были проведены еще до создания испытательных полигонов в Пенемюнде в декабре 1937 года в лесу Грейфсвальдер-Ойе, расположенном на острове Узедом. Снаряд А-3 имел размеры 6,5 *м* × 0,7 *м* и стартовый вес 750 *кг* (экспериментальная модель боевого заряда не имела). На нем был установлен ракетный двигатель с тягой 1,5 *т* и продолжительностью работы 45 сек. Управляющими органами служили газовые рули (из молибдена!), управление которыми осуществлялось с помощью трех позиционных гироскопов в соединении с

Агрегат 4
Фау-2

Вес	G_S (кг)	G_T (кг)	G_H (кг)
А-4	12800	8796	1000
А-9	16260	11910	1000
А-10	69060	50560	А-9
А-10 + А-9	85320	62470	—

G_S — общий вес (стартовый)
G_T — вес топлива
G_H — вес полезной нагрузки

Агрегат 9

Агрегат 10

Двухступенчатая ракета дальнего действия
Тяга двигателей (на уровне моря):
1-я ступень (А-10) 200000 кг
2-я ступень (А-9) 25400 кг

Агрегат 4 27000 кг

Рис. 70. Вид в разрезе ракет дальнего действия А-4, А-9, А-10.

Снаряд А-9 является модификацией снаряда А-4b (А-4 с крыльями небольших размеров для увеличения дальности действия); он имеет, за исключением стабилизирующих плоскостей, такие же размеры.

демпфирующими гироскопами и датчиками ускорений. Снаряд А-3 имел, кроме того, парашют для приземления регистрационной аппаратуры, а также радиоприемное устройство, которое в случае необходимости принимало командные сигналы на остановку двигателя.

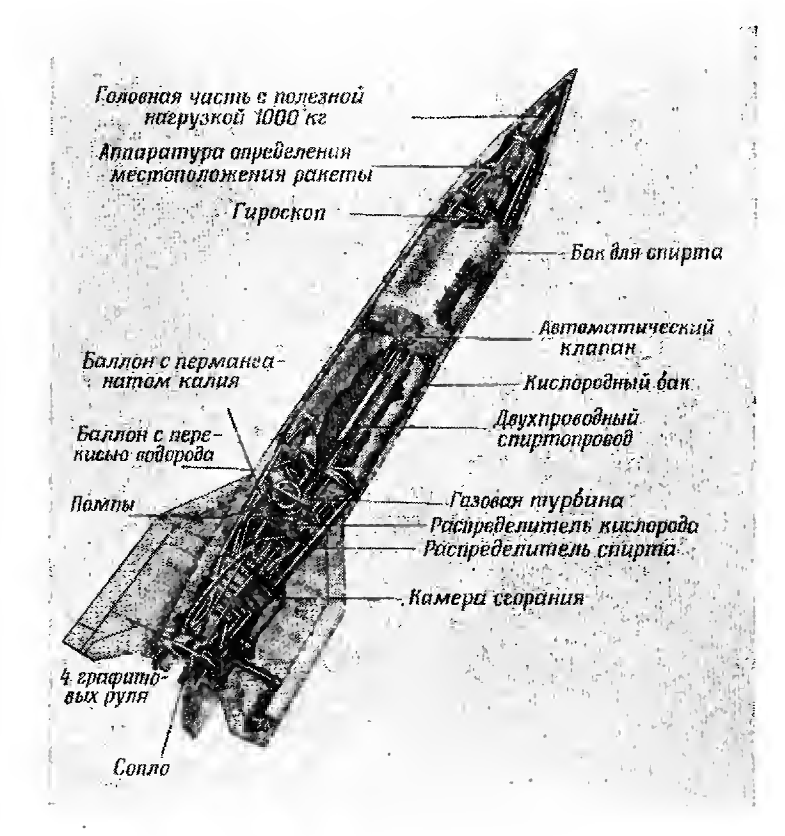


Рис. 71. Фау-2 *(разрез)*.

Проектирование первой ракеты А-4, которая должна была иметь боевой заряд весом 1000 *кг* и двигатель с тягой 25 *т*, было начато уже в 1936—1937 годах. Но прежде чем получить возможность приступить к ее конструированию, необходимо было выяснить чрезвычайно

много отдельных вопросов. Поэтому была создана и проходила многократные испытания другая ракета А-5, которая имела тормозной парашют и парашют снижения,

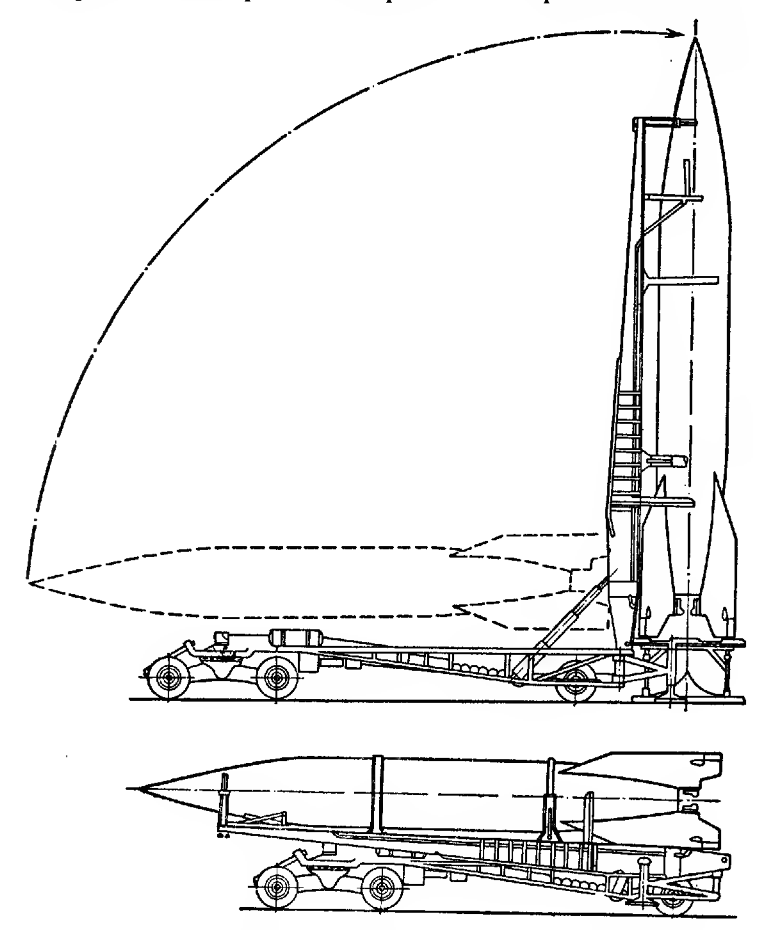


Рис. 72. Фау-2 на транспортировочной тележке.

чем обеспечивался ее безаварийный спуск после сгорания всего топлива. Этот агрегат приводился в движение двигателем ракеты А-3, несмотря на свой несколько больший внешний диаметр. Помимо этого, строились и запус-

кались (отчасти с самолета) различные модели уменьшенных размеров. С их помощью были выяснены все те многочисленные проблемы, которые и позволили осуществить конструкцию большой ракеты. Они касались прежде всего стабилизации скоростей полета в дозвуковой и сверхзвуковой области, размеров рулевых машин, аэродинамических и газовых рулей (замена молибденовых рулей графитовыми дала снижение стоимости постройки ракеты в 100 раз) и многое другое. Вес опытных ракет А-5 при наличии дополнительного оборудования достигал почти 900 *кг*. Потолок составлял 12 *км*, а дальность полета — 18 *км* [11].

Наряду с созданием снаряда Фау-2 в Пенемюнде проектировались еще и другие образцы управляемого оружия. В частности, в качестве опытных образцов были построены ракеты [8]: А-4*b*, А-5, А-6, А-7, А-8, А-9 и А-10.

Ракета А-4*b* фактически представляет собой ракету А-4, снабженную в целях увеличения дальности полета небольшими крыльями. В январе 1945 года был произведен отстрел нескольких таких ракет.

Одна модель ракеты А-5, снабженная крыльями для экспериментальных исследований планирующего полета после сброса с самолета, получила наименование А-7.

Ракета А-6 представляла собой проект ракеты для исследования возможностей применения различных видов топлива.

Ракета А-8 явилась переходной конструкцией от А-4*b* к ракете с несущими плоскостями А-9, которая вместе с первой ступенью, носившей обозначение А-10, должна была образовать двухступенчатую ракету дальнего действия (так называемую «Америка-Ракету»). Этот проект находился в стадии разработки еще в 1941 году.

Агрегат А-10 в качестве первой ступени составной ракеты должен был весить 87 *т*, расходовать за одну минуту около 62 *т* горючего и за счет тяги в 200 *т* сообщать ракете первой ступени А-9 стартовую скорость 1200 *м/сек*. По окончании работы собственного двигателя ракета А-9 должна была развить скорость 2800 *м/сек* (10 000 *км/час!*) и подняться на высоту 55 *км*, после чего в планирующем полете она должна была за 35 мин. преодолеть расстояние примерно 4100 *км* [11].

Рис. 73. Старт ракеты дальнего действия А-4 (7 моментов).



Однако обратимся к действительности. Приведем основные данные ракеты А-4 (взяты преимущественно из источника [11], см. также [8, 9, 10, 25]):

Общая длина	14 *м*
Наибольший диаметр фюзеляжа	1,65 *м*
Размах плоскостей стабилизатора	3,55 *м*
Стартовый вес	12 900 *кг*
Вес полезной нагрузки	1000 *кг*
Вес взрывчатого вещества (в боевой части)	750 *кг*
Вес ракеты без топлива и боевого заряда	4000 *кг*
Отношение масс	3,22
Двигатель ЖРД с тягой (при старте)	25 *т*
Топливо	этиловый спирт + жидкий кислород
Емкость баков	3965 *кг* спирта (75%) + воды (25%) 4970 *кг* кислорода 181 *кг* перекиси водорода и перманганата калия (для привода помпы)
Мощность паро-газовой турбины для привода помпы	680 *л. с.* при 5000 *об/мин*
Общая производительность двух помп	127 *кг/сек*
Объем камеры сгорания, включая выхлопное сопло	примерно 0,8 $м^3$
Диаметр сопла	около 74 *см*
Давление в камере сгорания	15,45 *ата*
Температура в камере сгорания	до 2700° С
Скорость истечения газов	2050 *м/сек*
Тяга	
предварительная ступень	8 *т*
стартовая	25 *т*
перед остановкой двигателя	около 30 *т*
Время работы двигателя	приблизительно 1 мин.
Запас	
энергии топливной смеси	около 1600 *кг кал/кг*
полного количества топлива	около $6 - 10^9$ *кгм*
Средняя эффективная мощность	примерно $4 \cdot 10^6$ *л. с.*
Ускорение	
при старте	около 0,9 *g*
при остановке двигателя	5—7 *g*
Максимальная скорость полета	1600—1700 *м/сек*
Кинетическая энергия в момент окончания работы двигателя	примерно $5 \cdot 10^8$ *кгм*
Живая сила удара	около $2 \cdot 10^8$ *кгм*
Температура внешней оболочки	до 700° С

Потолок полета
при вертикальном пуске .... около 190 *км*
при пуске на максимальную дальность .... 80—100 *км*
Дальность действия .... 250—350 *км*
Время полета .... около 5 мин.

Старт А-4 происходил по вертикали. При этом ракета устанавливалась свободно на стартовом столе размером 4×4 *м*, снабженном устройством для отклонения газовой струи. По истечении 3 сек. работы двигателя на предварительной ступени (тяга 8 *т*) кабель, питавший до старта электрическую аппаратуру ракеты, отключался от бензинового агрегата и одновременно включалась главная ступень работы двигателя (тяга 25 *т*). В течение 4 сек. ракета поднималась вертикально вверх с ускорением от 0,9 до 1 *g*. В следующие 50 сек. продольная ось ракеты медленно наклонялась „вперед" до момента достижения угла наклона траектории по отношению к вертикали 45—50°. За все время работы двигателя, равное примерно 1 мин., ускорение вследствие снижения веса ракеты за счет сгорания топлива и в силу роста тяги с 25 до 30 *т* за счет падения внешнего атмосферного давления увеличивалось до 127 *м/сек*². Примерно на 25-й секунде скорость полета достигала скорости звука. По достижении точно установленной скорости (порядка 1600 *м/сек*, Ма < 5) благодаря команде на окончание работы двигателя (см. ниже) подача кислорода прекращалась и помпы останавливались. Начиная с этой точки (удаленной от места старта примерно на 24 *км* по горизонтали и на 22 *км* по вертикали), ракета летела, как баллистический снаряд. После возвращения в тропосферу скорость падения за счет сопротивления воздуха снижалась до 900—1100 *м/сек*. В качестве управляющих органов (1.422) использовались размещенные на четырех стабилизаторах аэродинамические рули, которые были механически связаны с четырьмя газовыми рулями из графита (см. рис. 71): рули приводились в действие гидравлическими рулевыми машинами (см. рис. 6). Во время набора высоты и до момента достижения достаточной для эффективного действия аэродинамических рулей скорости полета управление осуществлялось исключительно с помощью газовых рулей; далее

...устройств (обратная связь и демпфирующий гироскоп) для управления ракетой А-4 вокруг любой из трех осей применялись электрические дифференцирующие зве-

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО АВИАЦИОННОГО ОРУЖИЯ, СОГЛАСНО РАЗДЕЛАМ 1

Обозначения	3.521 Fi-103 (Фау-1)	3.522 А-4 (Фау-2)	3.523.1 „Фриц-Х"	3.523.3 Hs-293	3.524.1 Х-4	3.524.2 Hs-298
1.2 Род объекта	1.221.1 Самолет-снаряд	1.223.2 Ракета дальнего действия	1.221.1 Падающая бомба	1.222.2 Планирующая бомба	1.222.2 Истребительная ракета (воздух—воздух)	1.222.2 Истребительная ракета (воздух—воздух)
1.31 Место старта	1.311 Земля	1.311 Земля	1.313 Самолет	1.313 Самолет	1.313 Самолет—истребитель	1.313 Самолет
1.31 Местонахождение цели	1.311 Земля	1.311 Земля	1.312.1 Корабли (также Земля)	1.312.1 Корабли (также Земля)	1.313 Самолеты	1.313 Самолеты
1.33 Вид старта	1.334.12 — .22 Катапульта	1.334.11 — .21 Свободный вертикальный пуск	1.333.11 Свободный сброс	1.333.11 Свободный сброс	1.313.12 Направленный пуск	1.333.12 Направленый пуск
1.34 Тип цели	1.341 Площадные цели	1.341 Площадные цели	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)
1.412 Система координат управления	1.412.1 Декартова	1.412.1 Декартова	1.412.1. Декартова	1.412.2 Полярная	1.412.1 Декартова (вращающаяся)	1.412.2 Полярная
1.421 Род двигателя	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный	1.421.17 Без двигателя	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный
1.421.2 Тип двигателя	1.421.241 Прямоточный ВРД	1.421.242 ЖРД	1.421.25 Гравитационное поле	1.421.242 ЖРД	1.421.242 ЖРД	1.421.243 Пороховой РД
1.422 Органы управления	1.422.41 Аэродинамические рули	1.422.41 — 43 Аэродинамические и газовые рули	1.422.42 Интерцепторы	1.422.41 Аэродинамические рули	1.422.42 Интерцепторы	1.422.41 Аэродинамические рули
1.423 Тип сервопривода	1.423.1 Пневматическая рулевая машина	1.423.2 — .1 Электрогидравлическая рулевая машина	1.423.2 Электромагнитный привод	1.423.2 Электромагнитный привод, мотор постоянного тока	1.423.2 Электромагнитный привод	1.423.2 Электромагнитный привод
2.1 Вид управления	2.11 Автономное	2.14 Автономное, частично телеуправление	2.12 Телеуправление	2.12 Телеуправление	2.12 Телеуправление	2.12 Телеуправление
2.2 Метод автономного управления	2.21 — .224 — .23 Стабилизация и программное управление	2.21—.23—.251 Страбилизация и программное управление	2.23 Стабилизация относительно продольной оси	—	—	—
2.3 Метод телеуправления	—	2.32 1 направляющая плоскость	2.312 2 непрерывные команды	2.312 2 непрерывные команды	2.312 2 непрерывные команды	2.312 2 непрерывные команды
2.312.1 Вид регулирования	—	Комбинация с боковой стабилизацией	2.312.11 Незамкнутое регулирование	2.312.12 Замкнутое регулирование	2.312.11 Гироскопический коммутатор	2.312.12 Замкнутое регулирование
2.33 Канал связи телеуправления	—	2.331.11 Направляющая плоскость, образованная радиоспособом	2.331.11 Радиолиния или проводная линия на постоянном токе	2.332.12—21 Высокочастотные колебания, модулированные низкой частотой	2.332.12—21 Двухпроводная линия связи на постоянном токе	2.331.11 Радиолиния связи
2.4 …тоды определе-…ия положе-…ния цели	2.411.1 Заранее заданная цель	2.411.1 Заранее заданная цель	2.412.1 Оптическое накрытие	2.412.11—31 Оптическое и телевизионное накрытие	2.412.11 Оптическое накрытие	2.412.11 Оптическое накрытие
2.6 … взрывателя	Ударный или временной	Ударный	Ударный	Ударный	2.631 Акустический дистанционный	2.632 Приближения

Таблиц

ФИКАЦИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО АВИАЦИОННОГО ОРУЖИЯ, СОГЛАСНО РАЗДЕЛАМ 1 И 2 (СМ. ТАКЖЕ ТАБЛ. 10)

2 у-2)	3.523.1 „Фриц-Х"	3.523.3 Hs-293	3.524.1 X-4	3.524.2 Hs-298	3.525 Снаряды ПВО			
					„Шметтэрлинг"	„Энциан"	„Вассэрфаль"	„Рейнтохт
.2 даль- ствия	1.221.1 Падающая бомба	1.222.2 Планирующая бомба	1.222.2 Истребительная ракета (воздух—воздух)	1.222.2 Истребительная ракета (воздух—воздух)	1.223.2 Дозвуковые зенитные ракеты		1.223.2 Сверхзвуковые зенит- ные ракеты	
1 я	1.313 Самолет	1.313 Самолет	1.313 Самолет—истре- битель	1.313 Самолет	1.311 Земля (для „Шметтерлинг" также самолет 1.313)			
1 я	1.312.1 Корабли (также Земля)	1.312.1 Корабли (также Земля)	1.313 Самолеты	1.313 Самолеты	1.313 Самолеты и их соединения			
— .21 ный льный к	1.333.11 Свободный сброс	1.333.11 Свободный сброс	1.313.12 Направленный пуск	1.333.12 Направленный пуск	1.334.12—22 Пуск с лафета	1.334.12—22 Пуск с лафета	1.334.11—21 Свободный вертикаль- ный пуск	1.334.12— Пуск с лафет
1 ные 1	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)	1.342.2 Точечные цели (движущиеся)			
.1 това	1.412.1. Декартова	1.412.2 Полярная	1.412.1 Декартова (вращающаяся)	1.412.2 Полярная	1.412.2 Полярная	1.412.2 Полярная	1.412.1 Декартова	1.412.1 Декарто
16 ный	1.421.17 Без двигателя	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный	1.421.16 Реактивный			
42 Д	1.421.25 Гравитаци- онное поле	1.421.242 ЖРД	1.421.242 ЖРД	1.421.243 Пороховой РД	1.421.242 ЖРД	1.421.242 ЖРД	1.421.242 ЖРД	1.421.24 Порохово РД
— 43 ами- и рули	1.422.42 Интерцепторы	1.422.41 Аэродинамиче- ские рули	1.422.42 Интерцепторы	1.422.41 Аэродинамические рули	1.422.41 Аэродинами- ческие рули (управление срывом по- тока)	1.422.41 Аэродинами- ческие рули	1422.41—43 Аэродинами- ческие и газовые рули	1.422.4 Рули головно части
— .1 огид- ская ма- а	1.423.2 Электромаг- нитный привод	1.423.2 Электромагнит- ный привод, мотор постоян- ного тока	1.423.2 Электромагнитный привод	1.423.2 Электромагнитный привод	1.423.2 Электромаг- нитный, электромо- торный привод	?	1.423. 2—1 Электрогид- равлический привод	1.423.2 Электрои торный пр
ное, теле- ение	2.12 Телеуправле- ние	2.12 Телеуправление	2.12 Телеуправление	2.12 Телеуправление	2.12 (2.14) Телеуправление (предусматривалась комбинация с самонаведением)			
—.251 иза- рог- упра- е	2.23 Стабилизация относительно продольной оси	—	—	—	—	—	2.23 Стабилизация вокруг про- дольной оси	2.23 Стабилиза вокруг п дольной
ляю- кость	2.312 2 непрерыв- ные команды	2.312 2 непрерывные команды	2.312 2 непрерывные команды	2.312 2 непрерывные команды		2.312 2 непрерывные команды		
ция вой за-	2.312.11 Незамкнутое регулирова- ние	2.312.12 Замкнутое регулирование	2.312.11 Гироскопический коммутатор	2.312.12 Замкнутое регулирование		2.312.12 Замкнутое регулирование		
11 ляю- ло- бра- я собом	2.331.11 Радиолиния или проводная линия на постоян- ном токе	2.332.12—21 Высокочас- тотные коле- бания, моду- лированные низ- кой частотой	2.332.12—21 Двухпроводная линия связи на постоянном токе	2.331.11 Радиолиния связи	2.331.11 Радиолиния связи			
1 за- цель	2.412.1 Оптическое накрытие	2.412.11—31 Оптическое и телевизионное накрытие	2.412.11 Оптическое накрытие	2.412.11 Оптическое накрытие	2.412.11 Оптическое накрытие		2.412.12 или накрытие после радиопеленгации	
ый	Ударный	Ударный	2.631 Акустический дистанционный	2.632 Приближения	2.63 Дистанционный или приближения			

достижения достаточной для эффективного действия [illegible]о-динамических рулей скорости полета управление осуществлялось исключительно с помощью газовых рулей; далее

вплоть до остановки двигателя оба комплекта рулей действовали совместно.

Нормальное оснащение ракеты А-4 включало систему автоматической стабилизации относительно трех осей, что осуществлялось с помощью двух гироскопических приборов с потенциометрическими датчиками. Управление вокруг поперечной оси производилось двумя перемещаемыми в одном направлении „рулями высоты", которые приводились в движение через звено электрического дифференцирования и усилитель постоянного тока от „горизонтального гироскопа", имевшего карданную подвеску и связанного с двойным потенциометрическим датчиком (см. рис. 74) [26.6, 71].

Потенциометр гироскопа перемещался с помощью часового механизма относительно продольной оси ракеты по определенной программе (2.251), так что благодаря автоматическому управлению ракета описывала в вертикальной плоскости желаемую траекторию и по истечении примерно 50 сек. после старта принимала наклон продольной оси примерно 45° относительно вертикали (см. выше). Подобным же образом от так называемого „вертикального гироскопа" приводились в действие и рули направления, однако они служили только для удержания ракеты на предварительно заданном курсе (2.21). Вертикальный гироскоп одновременно позволял осуществить автоматическую стабилизацию положения ракеты относительно ее продольной оси (2.23). Для этой цели между карданным кольцом и цапфой размещался еще один двойной потенциометрический датчик [26.6]; напряжение, снимаемое с этого датчика, вызывало перемещение „рулей направления" в противоположные стороны, чем и достигалась указанная стабилизация. Требования к точности были такими же, как для высотного и бокового управления, так как вращение объекта вокруг продольной оси вследствие программного управления рулем высоты приводило бы к отклонению ракеты от заданного курса.

Вместо указанных на рис. 6 механических демпфирующих устройств (обратная связь и демпфирующий гироскоп) для управления ракетой А-4 вокруг любой из трех осей применялись электрические дифференцирующие зве-

нья, как это представлено на рис. 74. Их задача состояла в преобразовании отношения (комплексного) напряжений U_2/U_1[1] таким образом, чтобы опережение выходного напряжения U_2 относительно входного напряжения U_1

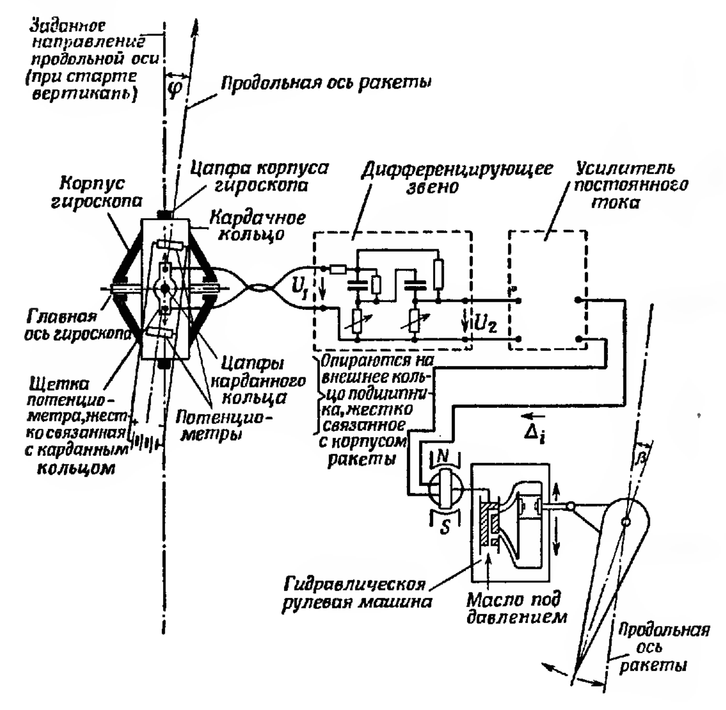


Рис. 74. Управленне рулем высоты ракеты А-4 с помощью „горизонтального" гироскопа.

сводило к минимуму перерегулирование во время переходного процесса. Так как это требование должно было выполняться для самых различных условий полета (от $V = 0$ до $V = 6a^2$ при одновременном изменении силы тяги, момента инерции, плотности воздуха и положения центра тяжести), то отсюда вытекал ряд проблем, которые

[1] Точнее, передаточной функции. — *Прим. ред.*
[2] a — скорость звука. — *Прим. ред.*

следовало разрешить для получения оптимального качества стабилизации (подробно см. 26.6).

Так как демпфирующее звено, кроме временного сдвига изменений напряжения, вызывало также значительное снижение величины выходного напряжения U_2 (при $\omega = 0$ более 40 *дцб*) в сравнении с относительно малым входным напряжением U_1 (в силу применения малых нагрузок потенциометров), то необходимо было для обеспечения надежного перемещения золотника рулевой машины осуществить большое усиление сигнала постоянного тока.

В качестве усилителя сигнала постоянного тока использовался „кольцевой модулятор" в соединении с усилителем низкой частоты (рис. 75) [7,3].

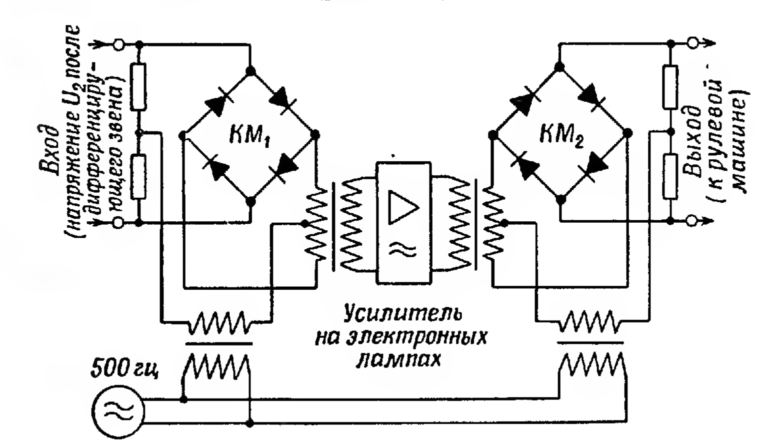


Рис. 75. Усиление сигнала постоянного тока „кольцевым" модулятором.
КМ — кольцевой модулятор.

Точность угловой стабилизации с применением только гироскопического управления составляла около $\pm 1°$, соответствующее боковое отклонение от заданной траектории равнялось $\pm 4 \ldots 5$ *км* на 250 *км* пути. Продольное рассеивание, обусловленное неточностью установки угла наклона продольной оси относительно вертикали, было меньшим, так как функция $r = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\xi$ (r —

дальность стрельбы, ξ — угол наклона продольной оси) при $\xi = 45°$ имеет плоский максимум. Особое влияние на точность стрельбы по дальности оказывает „начальная скорость полета" V_0, то есть применительно к ракете с двигателем, именно та скорость, при которой двигатель отключается и снаряд начинает следовать по баллистической параболе (так как V_0 входит в формулу в квадрате).

Чтобы уменьшить боковое рассеивание, у части ракет А-4 дополнительно к гироскопическому управлению вводилось еще и азимутальное управление по методу направляющего луча (2.32). В то время как гироскопическое управление могло устранять только угловые отклонения ракеты от заданного положения, управление по методу направляющей плоскости вступало в действие при отклонении центра тяжести снаряда от заданной вертикальной плоскости. Применявшийся для создания направляющей плоскости метод рассмотрен выше (2.321.5 и 2.322.2). Принципы действия наземной радиосистемы („Гавайи") коротко изложены в 3.511.16 (см. рис. 49): переключение фазы напряжения с частотой 50 *гц*, питающего два горизонтальных диполя; распознавание обоих радиолучей по двум модуляционным частям ($f_1 = 5$ *кгц*; $f_2 = 8$ *кгц*). Ультракоротковолновое излучение этого наземного передатчика принимал расположенный в передней части

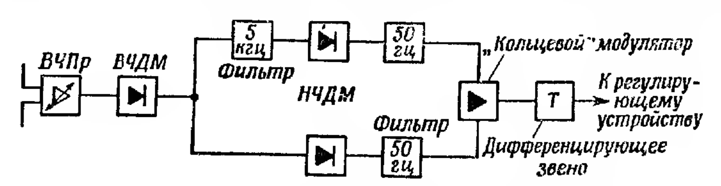


Рис. 76. Блок-схема приемника управлеиия по методу направляющей плоскости для ракеты А-4.

ВЧПр — приемник; *ВЧДМ* — демодулятор; *НЧДМ* — низкочастотный демодулятор.

А-4 приемник управления по методу управляющей плоскости и реализовал в соответствии со схемой, изображенной на рис. 76 [71]. В зависимости от знака отклонения ракеты от направляющей плоскости на выходе „кольцевого" модулятора возникало положительное или

отрицательное напряжение постоянного тока, которое после дифференцирующего звена (подобно изображенному на рис. 74) суммировалось с сигналом, поступавшим от „вертикального" гироскопа (рис. 77) [26.6, 73].

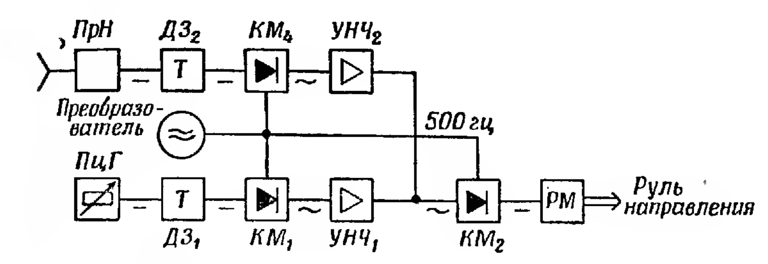


Рис. 77. Система регулирования бокового канала ракеты А-4 с применением гироскопического управления и управления по методу направляющей плоскости.

ПцГ — потенциометр гироскопа (см. рис. 75); *ПрН* — приемник управления по методу направляющей плоскости (см. рис. 76); *ДЗ* — дифференцирующее звено; *УНЧ* — усилитель низкой частоты; *РМ* — рулевая машина (см. рис. 75); *КМ* — „кольцевой" модулятор ($КМ_1$ или $КМ_2$, см. рис. 76, $КМ_3$ в *ПрН*, см. рис. 77).

Схема рассчитывалась таким образом, чтобы боковое смещение ракеты на несколько метров от направляющей плоскости вызывало движение рулевой машины с полной скоростью. Результаты испытаний вначале не показали никакого улучшения бокового управления по сравнению с простым гироскопическим управлением. Это объяснялось тем, что созданная электрическим способом направляющая плоскость вследствие искажения диаграммы направленности неровностями окружающей местности и неопределенностью отражения от нее не была идентична геометрической плоскости, симметрично расположенной между наземными антеннами. Устранить указанную трудность можно было лишь с помощью искусственной „земли" в окрестностях передающего диполя и точного исследования путем измерений диаграммы направленности излучения. Связанные с этими мероприятиями затраты позволили бы применять управление по методу направляющей плоскости во фронтовых условиях только тогда, когда были бы созданы стационарные стартовые площадки. Следовало ожидать улучшения также и в резуль-

тате применения вместо ультракоротких волн с базой 200 *м* дециметрового диапазона волн с узкой диаграммой направленности излучения (см. 3.511.16). Несмотря на то, что экспериментальные исследования управления по методу направляющей плоскости были начаты еще в июне 1941 г., удовлетворительного решения до конца войны найдено не было, в результате чего из 4300 снарядов Фау-2, примененных на фронте с использованием направляющего луча, было выпущено только 20% [11].

Вторая трудность состояла в том, что даже при незначительных колебаниях ракеты во время переходных процессов вокруг оси, лежащей в вертикальной плоскости под углом 90° к продольной оси снаряда, могли появиться заметные боковые отклонения, так как непосредственно имеющееся направление вектора скорости в момент остановки двигателя сохранялось на все последующее время полета. Это требовало большой теоретической и экспериментальной работы, направленной на получение оптимальных параметров дифференцирующих звеньев. Во всяком случае, боковые отклонения менее ± 2 *км* надежно не обеспечивались даже у 50% выпущенных ракет.

И, наконец, последняя техническая задача, связанная с телеуправлением, состояла в том, чтобы обеспечить подачу команды на остановку двигателя в нужный момент. Как указывалось выше, основная проблема заключалась в точном измерении скорости полета. Вот некоторые соображения о точности: при рассмотрении приведенного выше баллистического уравнения $r = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\varepsilon$ для случая, когда точка падения и точка пуска (в нашем случае точка остановки двигателя) находятся в одной горизонтальной плоскости, мы видели, что продольному рассеиванию ± 2 *км*, при $r = 250$ *км*, соответствует точность $\pm 0{,}8\%$, что требует допуска по скорости около $\pm 0{,}4\%$. При $V_0 = 1600$ *м/сек* это составит $\pm 6{,}4$ *м/сек*. Так как ракета испытывала ускорение по меньшей мере 5 g, или примерно 50 *м/сек*^{2}, то, следовательно, было необходимо, во-первых, измерить мгновенную скорость с точностью не ниже 6 *м/сек*, во-вторых, произвести точное по времени отключение двигателя (точность не менее $\pm 0{,}8\%$). Последнее требование несколько облегчалось тем, что незадолго до достижения требуемого значения V_0 двигатель дросселировался до ускорения, равного примерно 1 g, а окончательная его остановка происходила позже.

Измерение скорости полета могло осуществляться различными способами: определением скорости на борту (2.431) посредством интегрирования ускорения по времени; с помощью внешних устройств (2.432), используя эффект Допплера, возникающий при наложении излучаемых с земли высокочастотных колебаний на колебания, связанные с первыми и отраженными бортовой системой.

В первом случае команда на остановку двигателя подавалась непосредственно от интегрирующего устройства (2.611.2), во втором — она должна была передаваться от наземного командного передатчика к бортовому командному приемнику (2.612).

В качестве интеграторов ускорений применялись два устройства: одно — чисто механическое (по Гиверсу), в котором для измерения ускорения использовалась прецессия гироскопа [71], и второе — электрическое (предложенное проф. Бухгольдом и Вагнером), где ускорение преобразовывалось в пропорциональную силу электрического тока i, а величина скорости полета V определялась количеством электричества в электролитическом элементе (скорость $V = \int b\,dt \approx \int i\,dt =$ количеству электричества) [73].

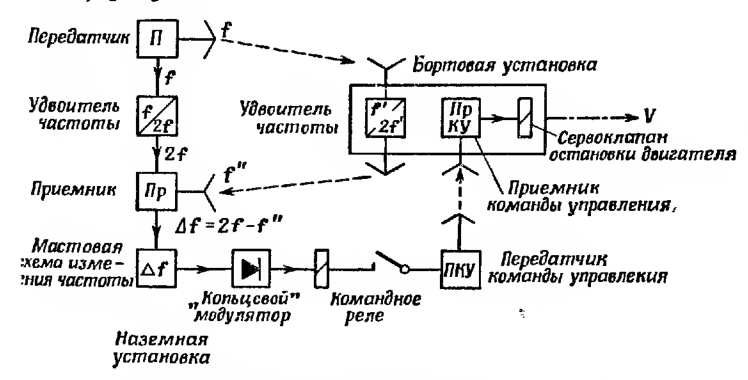


Рис. 78. Измерение скорости полета и остановка двигателя с помощью наземных средств.

Метод, основанный на использовании эффекта Допплера (по Штэблейну и Вольману), являлся устаревшим и был связан с большими затратами. Принцип действия кратко объясняется при помощи рис. 78 [71, 73].

На борту объекта, удаляющегося от наземного передатчика со скоростью V, принимаются колебания с частотой $f' = f\left(1 - \frac{V}{C}\right)$, где $C = 3 \cdot 10^8$ *м/сек* (скорость света; см. 3.513.12). В бортовом приемо-передающем устройстве эта частота удваивается, то есть вновь излучаются колебания с частотой $2f'$; тогда наземный приемник принимает сигнал с частотой

$$f'' = 2f'\left(1 - \frac{V}{C}\right) = 2f\left(1 - \frac{V^2}{C}\right) \approx 2f\left(1 - 2\frac{V}{C}\right).$$

Путем сравнения с непосредственно подведенной к приемнику частотой $2f$ получаем на выходе приемного устройства „частоту Допплера"

$$\Delta f = 2f - f' = 4f\frac{V}{C},$$

которая является мерой скорости полета ракеты относительно наземной станции. Для $f = 30$ *мгц* и $V = 1500$ *м/сек* получаем

$$\Delta f \approx 4 \cdot 30 \cdot 10^6 \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} \text{ сек}^{-1} = 600 \text{ гц}.$$

Ошибка из-за пренебрежения квадратичным членом составляет только $2{,}5 \cdot 10^{-6}$. Частота Допплера измеряется мостовой схемой и позволяет при достижении заранее заданной и соответствующей отключению двигателя скорости вызвать срабатывание реле, включающее командный передатчик (или соответственно его модулирующее устройство, см. рис. 11).

Для передачи команды на борт снаряда („Потсдам—Берлин") [46] применялся метод, подобный тому, который использовался в системе телеуправления „Кель—Страсбург" (2.312.24 и 3.511.12). Контакт выходного реле приемника приводил в действие небольшой управляемый электромагнитом вентиль, который открывал доступ сжатому воздуху к главному вентилю кислородной системы (1.423.1).

Затронутые здесь способы нашли дальнейшее применение для контроля за траекторией полета по радио (2.422, 2.432), который осуществлялся путем установки в различных местах нескольких (3 или 4) приемных устройств (подробнее см. [26.8, 71, 108]).

Чтобы снизить продольное рассеивание еще больше, нужно было сделать момент отключения двигателя зависимым не только от скорости полета, но и от пройденного ракетой расстояния. Это было вызвано рассеиванием за счет тяги и другими аналогичными факторами, не связанными однозначными функциональными зависимостями с абсолютным значением скорости. Разрабатывалось несколько методов контроля пути, пройденного ракетой с момента старта (например, двойное интегрирование ускорения $S = \iint b\,dt^2$), но до готовых конструктивных решений они доведены не были.

Вышеизложенное позволяет заключить, что создание ракеты А-4, рассматриваемой как одно целое, представляет собой чрезвычайно большое техническое достижение, в котором вопросы телеуправления составляли только небольшую часть общей задачи.

Заканчивая описание этих ракет, хотелось бы подчеркнуть тот факт, что те люди, благодаря которым мы имеем это большое техническое достижение, отнюдь не ставили своей задачей создание какого-либо оружия. Они были принуждены подчинить свои планы военным целям только под нажимом властей.

Насколько такие снаряды являются ценными для исследований, было ясно с самого начала работы над проектами [11], но доказано это было лишь после войны, и не в Германии, а в США. Там захваченные немецкие ракеты А-4 использовались для исследования верхних слоев атмосферы[1]; неся измерительные приборы вместо боезого заряда, они достигали высоты 190 *км*. Ракета А-4 использовалась там в качестве первой ступени двухступенчатой высотной ракеты „Бампер", вторая ступень

[1] Помимо исследовательских целей, немецкие образцы и патенты реактивных снарядов были использованы в США непосредственно при создании управляемого оружия. — *Прим. ред.*

которой, американская 300-килограммовая ракета „ВАК-Корпорал", достигла в 1949 году высоты более 400 *км* (максимальная скорость полета составляла около 2700 *м/сек*). Вид этой составной ракеты, общее массовое отношение которой равнялось 7,3, показан на рис. 79.



Рис. 79. Двухступенчатая ракета „Бампер" = А-4 + „ВАК-Корпорал".

3.523. *Телеуправляемые бомбы.* Их можно разделить на два основных типа: а) телеуправляемые падающие бомбы, которые сбрасываются с больших высот после обычного прицеливания, причем траектория их полета только корректируется с помощью телеуправления; б) планирующие бомбы, снабженные несущими плоскостями, сбрасываются с самолета со средних высот и достигают цели в планирующем полете. Здесь будут рассмотрены находившиеся в массовом производстве и широко применявшиеся немецкие телеуправляемые бомбы „Фриц-Х" и Hs-293 (см. также [97]). При этом мы кратко остановимся и на некоторых родственных системах. О других проектах в этой области см. 3.526.3.

Для обоих типов бомб, управлявшихся относительно двух осей, применялся метод непрерывных команд (2.312.3).

В качестве серийной радиосистемы управления использовалась система „Кель—Страсбург" с установкой FuG-203/230 (см. 3.511.12). Для заводских испытаний и испытаний непосредственно в авиации на нескольких самолетах He-111 была установлена радиопередающая часть системы управления FuG-203. В боевых условиях эта система управления испытана на 330 военных самолетах типа Do-217, Fu-200 и He-177, которые брали на борт от 1 до 4 бомб „Фриц-Х" или Hs-293 (FuG-203 *d* . . . *f*). Эти бомбы сбрасывались и наводились последовательно друг за другом. К концу войны последние образцы боевых самолетов были снабжены установками телеуправления, однако в боевых действиях эти машины применены не были.

На случай применения радиопомех со стороны противника авиачасти, вооруженные указанными типами бомб, располагали полными комплектами оборудования для перехода на проводные линии управления (3.511.22 и 3.511.23); однако они оказались ненужными, так как серьезных радиопомех не наблюдалось. По этой же причине не применялся и переход на другие диапазоны частот, для чего в качестве передатчиков предусматривалось использовать системы S 203-1, S 203-2 и т. д. Исключая некоторые случаи боевого применения против наземных целей, оба типа бомб использовались исключительно для поражения морских объектов. За 1943—1944 годы телеуправляемыми бомбами было потоплено судов общим водоизмещением более 400 000 *т*, а также большое число военных кораблей, особенно эскадренных миноносцев, причем прямых попаданий было отмечено до 40% [12, 15].

3.523.1. Падающая бомба SD-1400 X, или „Фриц-Х". Еще в 1938 году в Германском авиационном экспериментальном институте было начато под руководством доктора Крамера проектирование автоматически управляемых, точнее, телеуправляемых воздушных объектов [30]. Вследствие того, что на этих бомбах крылья устанавливались не крестообразно, а Х-образно, они получили обозначения Х-1, Х-2 и т. д. Эти разработки привели к созданию телеуправляемой падающей бомбы SD-1400X, или „Фриц-Х", которую с 1941 года стала выпускать фирма „Рейнметалл-Борзиг", Берлин—Мариен-

фельде. Хвостовая часть бомбы из легкого металла со смонтированной в ней радиоприемной частью системы управления изготовлялась „Обществом электрических установок" (GEA), Штутгарт—Фельбах.

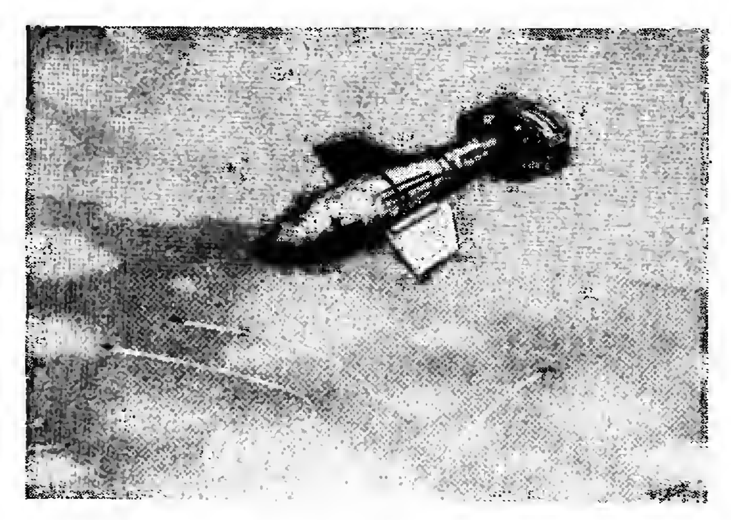


Рис. 80. Телеуправляемая падающая бомба „SD 1400X" („Фриц-X").

Бомба „Фриц-X" (рис. 80) имела следующие основные данные (25):

Общая длина	3,2 *м*
Вес бронебойной бомбы SD 1400	1400 *кг*
Максимальный диаметр корпуса	около 70 *см*
Расположение крыльев	Х-образное
Размах крыла	около 1,6 *м*
Двигатель	отсутствует
Высота сбрасывания	4000—7000 *м*
Максимальная скорость падения	около 280 *м/сек*
Точность попадания (50%)	площадь 5×5[1]

Основным назначением бомбы являлось поражение боевых кораблей, обладающих мощной броней (линейные

[1] Точность попадания, по-видимому, сильно завышена. — *Прим. ред.*

корабли, тяжелые крейсеры, авианосцы). Предварительное прицеливание осуществлялось с помощью нормального бомбардировочного прицела („Лотфе-7с" или „Лотфе-7d") в прямолинейном полете самолета-носителя, на котором имелась радиопередающая часть системы управления („Кель", см. ниже), по прямолинейной траектории. Открытие замков подвески бомбы осуществлялось либо вручную нажатием кнопки, либо автоматически с помощью „контакта прохода цели", установленного на бомбардировочном прицеле. Наведение осуществлялось по методу оптического накрытия (совмещения) (2.412.11), то есть после сброса бомбы ее траектория свободного падения лишь корректировалась так, чтобы условия оптического совмещения бомбы и цели постоянно выполнялись. Для получения возможно меньших отклонений от траектории свободного падения после сброса скорость самолета-носителя снижалась до тех пор, пока бомба не достигала цели.

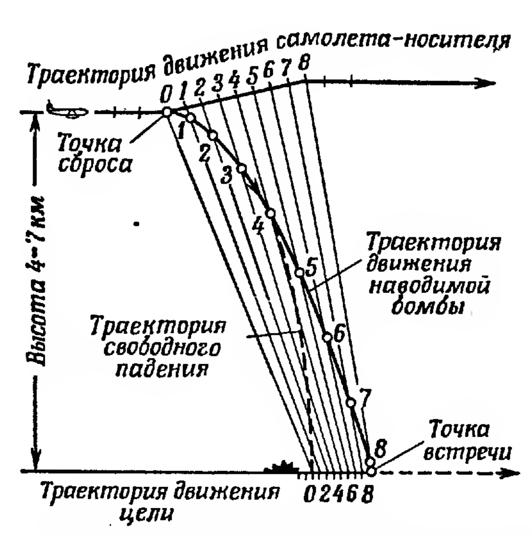


Рис. 81. Наведение падающей бомбы „Фриц-X" по методу накрытия (в вертикальной плоскости).

На рис. 81 показан ряд прямых линий совмещения для вертикальной плоскости, проходящей через траекто-

рию полета самолета (помимо этого, бомба управлялась и в плоскости, перпендикулярной к направлению полета). При этом точки, в которых находятся самолет, бомба и цель в один и тот же момент, обозначены одинаковыми номерами [97].

В качестве управляющих органов использовались пластины, обеспечивающие срыв потока воздуха, или так называемые *интерцепторы* (1.422.42), которые устанавливались в хвостовом оперении и приводились в движение сдвоенными электромагнитами. На рис. 82 показано расположение такого устройства в оболочке хвостового оперения бомбы „Фриц-X" [30].

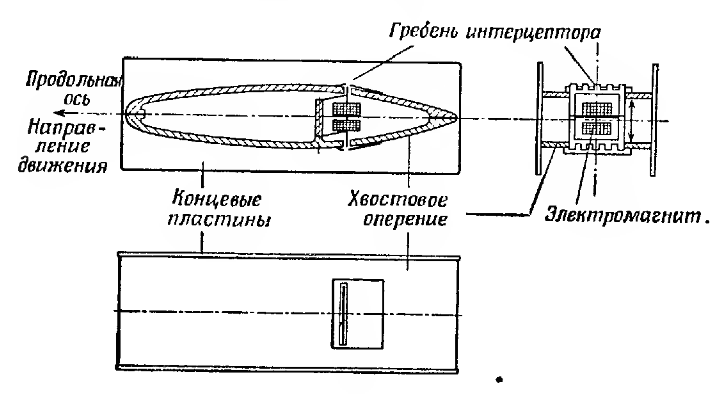


Рис. 82. Установка интерцептора.

Интерцептор шириной 100 *мм*, выступающий поочередно из верхней и нижней плоскости профиля (600×105 *мм*, запас прочности 60%, задняя кромка утолщенная), подвешивался на пружине и связывался с плоским (позднее утопляемым) якорем электромагнита. Перемещение интерцептора составляло всего лишь 2—3 *мм*. При времени переключения около 5 *мсек* потребление энергии электромагнитом равнялось 1—2 *вт*. Частота переключения — 5 *гц* ($T = 0{,}2$ сек., см. рис. 20). Так как собственная частота объекта лежала ниже 1 *гц*, то происходило осреднение управляющего воздействия периодически переключающихся интерцепторов (2.312.24) в соответствии со значением команды (рис. 21). Выступающие кромки

интерцепторов иногда выполнялись в виде гребня. Щели в обшивке хвостового оперения уплотнялись резиной.

Всего имелось три пары таких сдвоенных интерцепторов. Их расположение показано на рис. 83. Этот рисунок представляет общий вид хвостовой части бомбы сзади в направлении ее продольной оси [97].

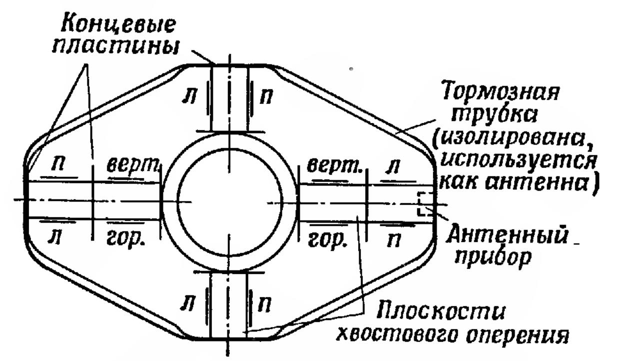


Рис. 83. Размещение интерцепторов в хвостовом оперении бомбы „Фриц-X".

Такая схема позволяла осуществить управление в декартовой системе координат (1.412.1) относительно двух осей, а именно „влево—вправо" (боковое управление *л—п*) и „вверх—вниз" („высотное" управление *в—н*), с помощью прямого подключения (2.312.11) соответствующей группы интерцепторов к выходу радиоприемной части системы управления „Страсбург" (3.511.12, рис. 48). Конечно, для поддержания неизменного расположения интерцепторов (2.23) относительно пространственных координат бомба во время падения не должна была вращаться вокруг продольной оси. Для этой цели на горизонтальном стабилизаторе размещались еще два интерцептора, которые управлялись гироскопическим прибором таким образом, что их движения были прямо противоположны друг другу, чем и достигалась стабилизация относительно продольной оси. Гироскопический прибор состоял из двух гироскопов: позиционного, который до сброса бомбы не включался, и демпфирующего (указатель поворота, ср. рис. 6). Схема этой бортовой установки изобра-

жена на рис. 84. Бортовая батарея 24 *в* и преобразователь, создающий высокое напряжение для питания анодов ламп, размещались в батарейном ящике (ВК—230). Последний, как и приемник „Страсбург" (Е-230), помещался в контейнере (AR-230), подвешиваемом на пружинах

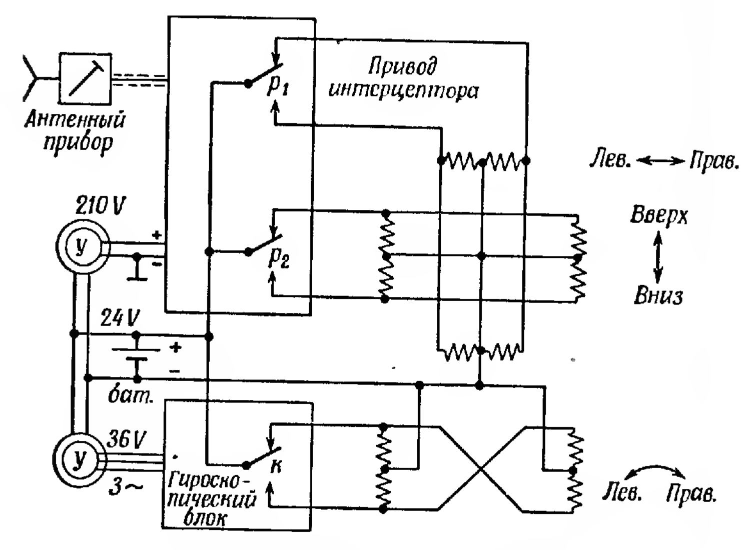


Рис. 84. Принципиальная схема радиоприемной системы управления FuG-230a.

в задней части бомбы. В качестве антенны использовались четыре „тормозные трубы" (см. рис. 83), которые должны были ограничивать скорость падения бомбы с таким расчетом, чтобы характеристики объекта управления оставались стабильными, а интерцепторы—эффективными. Гироскопический прибор и преобразователь питания гиромоторов укреплялись также в задней части корпуса бомбы, которая имела цилиндрическую форму.

На заднем конце бомбы помещался осветитель (пиротехнический комплект или прожектор с цветным фильтром), что облегчало (или вообще давало возможность) оператору следить за падением объекта. Предусматривались возможные степени яркости осветителя, которые могли устанавливаться перед сбрасыванием бомбы в

зависимости от условий освещенности (днем или ночью, а возможно, еще и в сумерки) с помощью специального переключателя, находящегося на самолете.

Для объяснения взаимодействия самолетной передающей части системы управления (FuG-203) с приемной бортовой системой управления объекта (FuG-230*a*) на рис. 85 изображена принципиальная схема системы в целом и ниже дается краткое изложение принципов ее работы [97].

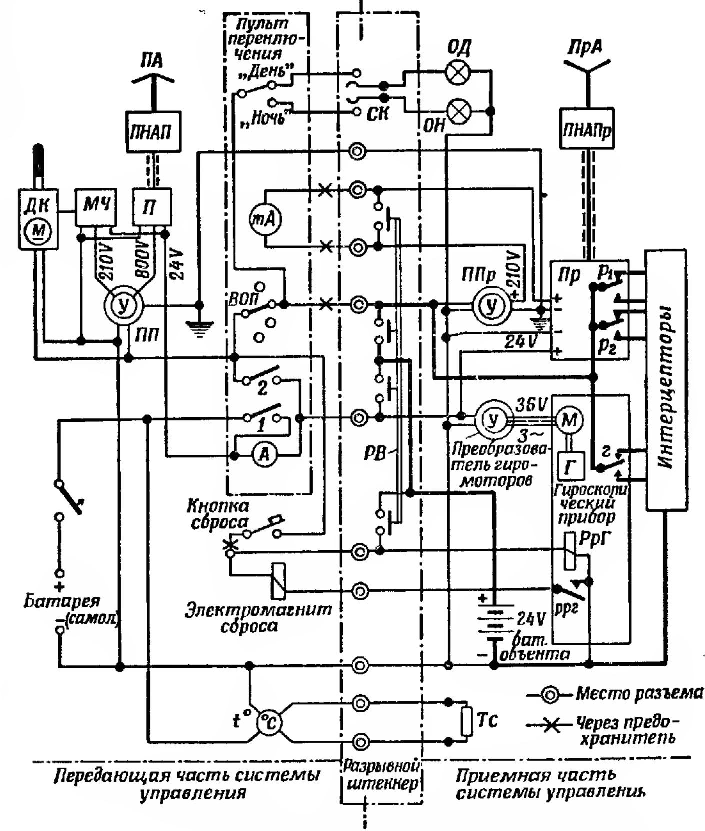


Рис. 85. Общая схема системы управления сбросом бомбы „Фриц-Х".

При включении рабочего выключателя *1* модуляционная часть *МЧ*, передатчик *П*(S-203) и приемник *Пр* получают питание для накала ламп от бортовой батареи самолета (24—28 *в*). Одновременно начинает вращаться преобразователь гиромоторов и запускается гироскоп *Г*, который разгонялся до полного числа оборотов через одну минуту после включения. При переключении выключателя в положение *2* питание получали преобразователь передатчика *ПП* (V 10/S), а через переключатель выбора объекта *ВОП* — преобразователь приемника (*ППр*) и датчик команд *ДК* (Ge-203). Этим завершается подготовка объекта к сбросу. Если теперь нажать кнопку сброса бомбы (вместо нее можно использовать контакт бомбардировочного прицела), то сработает реле разарретирования гироскопа *РрГ*, продольная ось гироскопа (карданное кольцо позиционного гироскопа) перестанет быть связанной непосредственно с корпусом бомбы и одновременно замкнется контакт *ррг*. При этом срабатывает электромагнит сброса, открывающий замок подвески бомбы и бомба падает. При ее падении разрывной выключатель *РВ* переключает шину „+ 24 *V*" приемной части системы управления с плюса бортовой сети самолета на плюс бортовой батареи телеуправляемого объекта. Через выбранный переключателем „день—ночь" скользящий контакт *СК* включается соответствующий комплект осветителей—дневной *ОД* или ночной *ОН*.

Описанный принцип работы управления сильно упрощен, особенно в передающей части системы. Так, например, выбор объекта совершался не с помощью переключателя выбора *ВОП*, а через специальный многополюсный автомат защиты, обозначенный на схеме крестиками. Переключатель выбора *ВОП* и рабочий выключатель *0—1—2* размещались на одном пульте (*SchK*-203) и взаимно запирались. Сброс также осуществлялся не непосредственно кнопкой сброса и контактом *ррг*, а через реле, которое срабатывало только в том случае, если гироскоп перед сбросом был заарретирован. Далее, высокое напряжение подводилось к передатчику лишь с момента сброса, а в течение первой секунды после сброса излучаемая передатчиком электромагнитная энергия значительно ослаблялась за счет сопротивления в антенном приборе *ПНАП*

(AGS-203); временной механизм (ZG-203) запускался с помощью контакта *ррг* во избежание перемодуляции приемника.

Используемый для управления бомбой „Фриц-X" датчик команд (Ge-203; „Кель 1") имел два валика (рис. 46, слева), которые приводились во вращение с помощью 24-вольтового мотора с регулируемым числом оборотов $n = 300$ об/мин. Датчик команд *ДК* устанавливался в непосредственной близости к бомбардировочному прицелу в передней кабине самолета, чтобы бомбардиру (оператору) было удобно им пользоваться. Датчик имел рукоятку управления, которая удерживалась пружиной в вертикальном положении. При перемещениях рукоятки вверх—вниз или влево—вправо контакты валиков сдвигались в аксиальном направлении, чем и создавались соответствующие значения команд в диапазоне $-1 \leq K \leq +1$ (см. рис. 21).

В качестве самолетной передающей антенны *ПА* использовались два натянутых между фюзеляжем и вертикальной частью хвостового оперения проводника, которые получали питание от передатчика S-203 через 60-омный высокочастотный кабель и антенный прибор AGS-203. Приемная антенна бомбы *ПрА* подключалась к входу приемника через антенный прибор AGE-230*a* (одновременно он использовался как балансировочный груз), 60-омный кабель и высокочастотный штеккер. Антенный прибор размещался в хвостовом стабилизаторе (рис. 84).

Во избежание снижения емкости бортовой батареи от воздействия низких температур при длительном полете на большой высоте аппаратный отсек в хвостовой части бомбы обогревался горячим воздухом (из самолета по шлангу). Температура в этом отсеке контролировалась термометром сопротивления *ТС*. Приборы, указывающие температуру в аппаратном отсеке бомбы, объединялись на доске температур.

Радиоприемник Е-230 („Страсбург") можно было заменять приемником сигналов управления, передаваемых по проводной линии „Детмольд Е-238". Бортовые катушки с проводом длиною 8 *км* должны были крепиться по обеим сторонам бомбы на концевых шайбах хвостового оперения (рис. 84, см. также 3.511.23).

Для функциональной проверки как всей системы, так и отдельных агрегатов имелись в необходимом количестве следующие готовые к применению в боевых условиях контрольные приборы:

Передатчик	*PC*-230,
Батарейный ящик	*PBK*-230,
Вольтметр	*PV*-230*a*,
Приемник	*PE*-203,
Разрывной штеккер	*FuP*-203,
Панели, учебная аппаратура и т. п.	

Перед началом боевого применения бомб „Фриц-Х" весной 1942 года Германский авиационный экспериментальный институт (DVL) провел специальные испытания на полигоне „Юг" в Фодже. Наиболее успешно это оружие было применено 14 сентября 1943 года. Прямым попаданием с высоты 6400 *м* был потоплен итальянский линкор „Ромэ" [12, 25]. Кроме описанной выше конструкции Х-1, в экспериментальном институте разрабатывались и другие проекты. Так, например, было осуществлено управление интерцепторами объекта, вращающегося вокруг продольной оси [30] (подобно управлению в ракете Х-4, 3.524.1), созданы головки самонаведения („Радисхен", 3.513.11; RT-111, 3.513.26 [29]), а также телеуправляемая 2500-килограммовая бомба (Х-5 [9]).

3.523.2. Планирующая бомба Hs-293[1].

Планирующая бомба представляет собой небольшой самолет—носитель взрывчатого вещества (1.221.1). Проект телеуправляемой планирующей бомбы Hs-293 был разработан в 1939 г. в Шёнефельде (близ Берлина) профессором Вагнером на самолетостроительных заводах „Хеншель". Это оружие производилось серийно и в очень короткое время стало существенной угрозой для противника. За первой конструкцией последовал целый ряд модификаций и последующих разработок. Настоящий раздел посвящен описанию нормальных конструктивных образцов Hs-293*a* с телеуправлением по радио или соответственно Hs-293*b* с телеуправлением по проводам. О других проектах бомб, разработанных фирмой „Хеншель",

[1] В отечественной литературе подобные объекты получили наименование «воздушных торпед». — *Прим. ред.*

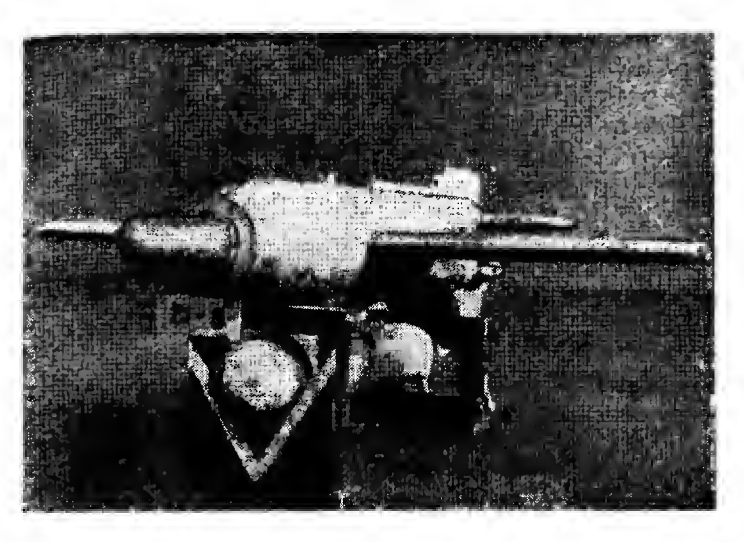


Рис. 86. Телеуправляемая планирующая бомба Hs-293.

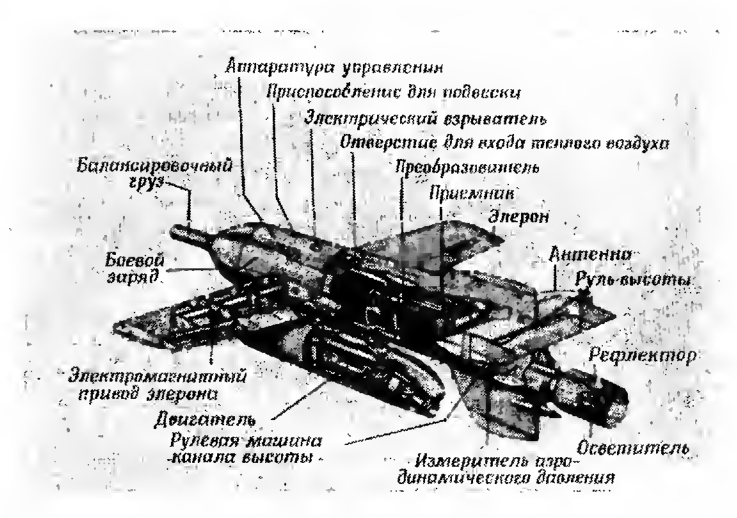


Рис. 87. Телеуправляемая бомба Hs-293.

коротко указывается в следующем разделе (3.523.3). Планирующая бомба Hs-293 (согласно [9, 25]). Боевая часть — 500-килограммовая бомба-мина SC-500. В средней части бомбы крепятся плоские крылья с элеронами, хвостовое оперение — неподвижный вертикальный стабилизатор внизу и высокорасположенный горизонтальный стабилизатор с рулем высоты 1600 *см*².

Основные данные следующие:

Общая длина	3,4 *м*
Наибольший диаметр фюзеляжа	48 *см*
Размах крыльев	2,90 *м*
Общий вес (без топлива)	722 *кг*
Двигатель ЖРД (холодный) Вальтер 109—507 [9]	
длина	2,28 *м*
максимальный диаметр	35,6 *см*
вес пустого двигателя	64 *кг*
полный вес	133 *кг*
средняя тяга	590 *т*
продолжительность работы двигателя	приблизительно 10 сек.
топливо	перекись водорода („Т-штоф") + перманганат кальция („Z-штоф")
Высота сбрасывания	от 400 до 2000 *м*
Скорость полета при сбрасывании	около 320 *км/час* ≈ 90 *м/сек*
Скорость в момент окончания работы двигателя	примерно 170—200 *м/сек*
Дальность планирования	от 3,5 до 18 *км*
Точность попадания	в пределах 5×5 *м* (при дальности планирования 12 *км*)

Крылья монтировались на проходящем через весь корпус бомбы трубчатом лонжероне под необходимыми установочными углами. Кроме того, для обеспечения должной устойчивости в головной части бомбы располагался балансировочный груз. На концах крыльев крепились два конусообразных „тела сопротивления" (на рис. 86 и 87 их нет), которые могли заменяться катушками с проводом для телеуправления по проводной линии связи (3.511.22) (см. рис. 52). На нижнем основании корпуса бомбы укреплялась „приборная панель", на обеих сторонах которой монтировалась аппаратура системы управления: 24-вольтовая аккумуляторная батарея DEAC, гироскоп, преобразователь для питания гиромотора и

так называемый „прибор сочленения" SAG-230, в котором находились фильтры, реле и тому подобные устройства (рис. 90). Эта пертинаксовая панель закрывалась оболочкой хвостовой части снаряда, которая несла оперение, рулевую машину канала тангажа и осветитель. Двигатель крепился под бомбой с помощью трехточечной подвески. Он фиксировался таким образом, чтобы ось сопла проходила через центр тяжести всего объекта, примерно под углом 30° по отношению к продольной оси бомбы. Реактивный двигатель вступал в действие благодаря тому, что электрический взрывной капсюль разрушал мембрану стартового вентиля и открывал таким образом доступ сжатому воздуху (150/32 *ат*) для подачи топлива [9].

Бомба предназначалась в первую очередь для поражения небронированных и слабо бронированных кораблей (вспомогательные корабли, эскадренные миноносцы, легкие крейсера). В противоположность прицеливанию при сбрасывании падающих бомб в данном случае подлет к месту сброса осуществлялся не по прямолинейной траектории, в плоскости, проходящей через точку цели, а под определенным углом к ней, как это показано на рис. 89. Для определения относительного положения цели в процессе наведения здесь тоже применялся метод оптического накрытия (2.412.11)[1].

Рис. 88,*а* показывает проекцию траекторий полета самолета и бомбы на горизонтальную плоскость; на рис. 88,*б* представлена проекция тех же траекторий на вертикальную плоскость, причем вновь изображены несколько лучей накрытия [97].

В качестве управляющих органов у Hs-293 имелись аэродинамические рули (1.422.41), а именно два элерона на задних кромках крыльев (1230 *см*²) и руль высоты (1600 *см*²), см. рис. 87. Элероны попеременно отклонялись

[1] При боевом применении бомб наблюдение за объектом и целью со стороны оператора осуществлялось невооруженным глазом, благодаря чему дальность действия, особенно при плохой видимости, ограничивалась. Для увеличения дальности действия следовало использовать оптический прибор вроде подзорной трубы, снабженной двойным визиром с тем, чтобы один оператор непрерывно наводил данную трубу на цель, в то время как другой, пользуясь вторым визиром, осуществлял телеуправление объектом.

на полный размах с помощью двух вмонтированных в крылья электромагнитов. Возврат в нейтральное положение происходил под действием пружин. Частота переключений составляла 10 *гц*. Перемещение руля высоты осуществлялось посредством электрической рулевой машины, которая устанавливалась в хвостовой части под рулем высоты.

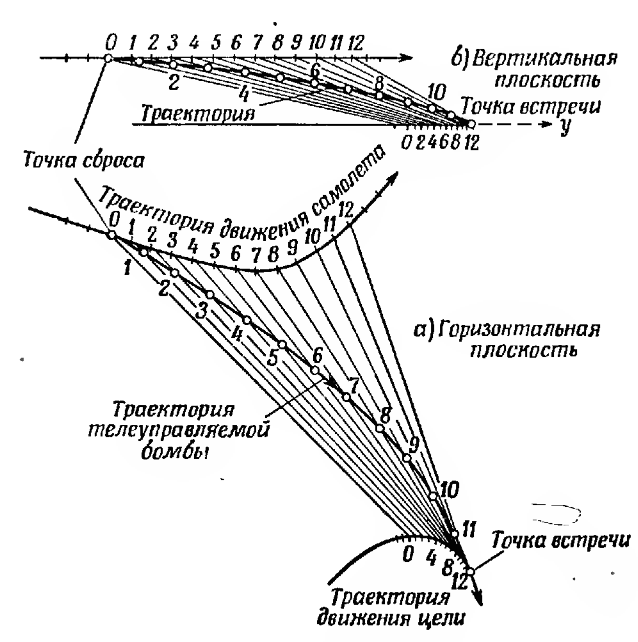


Рис. 88. Наведение планирующей бомбы Hs-293 по методу накрытия.

Взаимодействие элеронов и руля высоты позволило осуществить телеуправление в полярной системе координат (1.412.2), в которой вырабатывались потребные для коррекции траектории движения бомбы направление и величина мгновенного ускорения (в плоскости, перпендикулярной к линии визирования), см. рис. 47,*в*. Применяемый для этой цели датчик команд Ge-203,*в* („Кель-III") имел два валика (рис. 46), которые вращались со скоростью 600 об/мин. Перемещение контактного рычага осуществлялось рукояткой управления, которая поворачивалась в подвижном сочленении такого вида, что переход от управления в декартовой системе координат к управлению в полярной системе происходил уже в датчике команд. При этом контакт управления элеронами сдвигался вдоль вала пропорционально углу поворота рукоятки управления (±135°), в то время как второй контакт перемещался пропорционально тангенсу угла поворота рукоятки; нулевое положение рукоятки управления — вертикальное, не фиксируемое какой-либо пружиной. Датчик команд устанавливался с правой стороны в передней кабине самолета так, чтобы пользующийся им оператор имел свободный обзор вперед и вправо; в связи с этим траектория полета перед сбросом проходила левее цели, и самолет во избежание захода в зону зенитного огня, прикрывающего цель после сброса бомбы, разворачивался влево, рис. 88,*а*.

Бортовая система телеуправления самолета-носителя в основном была такой же, как и для управления бомбой „Фриц-Х" (рис. 45 и 85): „Кель III" (FuG-203,*b*) и последующие (см. 3.511.12 и 3.523.1).

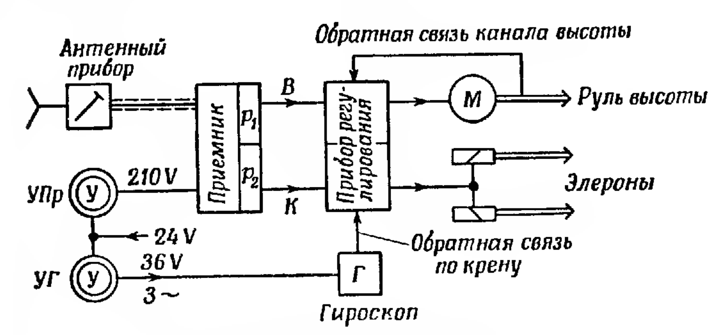


Рис. 89. Блок-схема приемной части системы управления FuG-230*b* для Hs-293.

Блок-схема установленной на Hs-293 приемной части системы управления по радиолинии FuG-230*b* показана на рис. 89. Принципиальное различие по сравнению с бортовой системой управления „Фриц-Х" (рис. 84) состояло в том, что у последней контакты выходного реле прием-

ника вызывали непосредственно срабатывание интерцепторов (незамкнутое регулирование, 2.312.11), в то время как у бомбы Hs-293 исполнение команд осуществляется замкнутой системой регулирования (2.312.12), то есть через промежуточное включение прибора регулирования ASG-230 между приемником Е-230 „Страсбург" (как у FuG-230*a*) и приводом руля. При таком управлении, следовательно (см. рис. 16—18), из принятого значения команды управления K_1 и электрического сигнала, пропорционального положению объекта (или соответственно положению руля), образуется новое значение команды K_2[1], которое после исполнения команды управления всегда равно нулю. Для применяемого управления в полярной системе координат (рис. 47,*в*) это означает, что оба элерона при достижении заданного крена (поперечная ось перпендикулярна к направлению создаваемых ускорений) симметрично перекладываются с частотой 10 *гц* (рис. 21,с $K = 0$), и руль высоты остается в достигнутом таким образом положении.

Принцип действия объясняется на рис. 90, который воспроизводит принципиальную (функциональную) схему приемной части управления на Hs-293[2].

Рассмотрим сначала канал управления рулем высоты[3] (отклонение руля определяет величину ускорения): контакт p_1 выходного реле приемника подает на фильтр Φ_1 прямоугольные импульсы, постоянная составляющая которых и переменная составляющая основной гармоники частоты 10 *гц* отделяются друг от друга и подводятся к поляризованному реле (*Т*-реле) P_3. Контакт p_3 этого

[1] Сигнал рассогласования. — *Прим. ред.*

[2] На рис. 90 для фильтров Φ_1 и Φ_2 (см. *L/C*, рис. 23,*а*) и для звена обратной связи имеется один сдвоенный потенциометр (см. рис. 23,*б*). Эта схема соответствует в принципе серийно изготовляемому прибору регулирования ASG-230. В первых конструкциях (ASG-30) вместо вышеупомянутого реле использовались электронные лампы большой мощности RL 12P 10, а также приемник старой конструкции Е-30 (3.511.12). Для уменьшения веса прибора регулирования (около 20 *кг*), обусловленного весом дросселей с железом, были попытки перейти к фильтрам «R/C» (2.312.24).

[3] Описываемое исполнительное устройство по принципу действия аналогично широкоизвестной релейной следящей системе с тахогенератором. — *Прим. ред.*

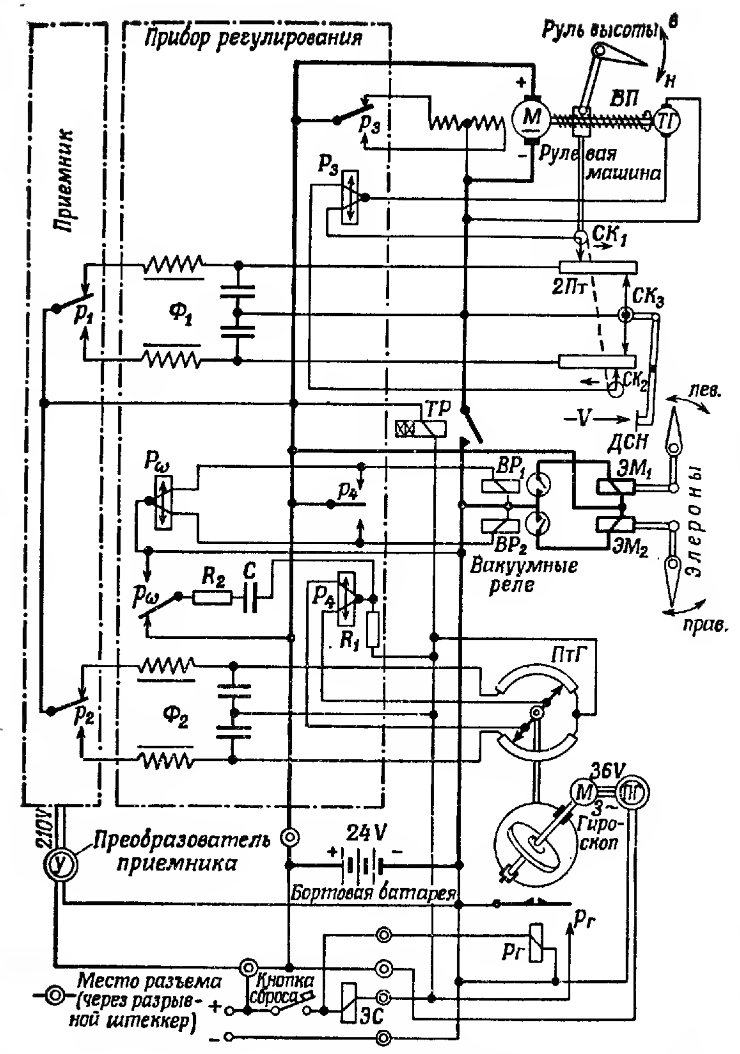


Рис. 90. Принципиальная схема приемной части системы телеуправления для Hs-293.

реле поочередно включает обмотки возбуждения рулевой машины на правое и левое вращение, в то время как якорная обмотка постоянно подключена к напряжению

постоянного тока. Мотор *М* через винтовую передачу *ВП* перемещает руль высоты и одновременно с этим щетку CK_1 сдвоенного потенциометра 2 *Пт*, щетка *СК* (с помощью второго, вращающегося в противоположную сторону валика) двигается в обратном направлении. От положения щеток зависит напряжение, подаваемое на обмотку реле P_3. Допустим, что с выходного контакта приемника p_1 выдана команда управления $K = 0$ и что руль высоты находится в крайнем положении *н* (низ). Тогда щетка *СК* находится на левом, а щетка CK_2 — на правом конце потенциометра, и реле p_3 срабатывает таким образом, что контакт p_3 перекладывается вниз. Благодаря этому рулевая машина канала высоты вращается с полной скоростью. При этом щетка CK_1 перемещается вправо, а щетка CK_2 — влево, реле P_3 начинает перекладываться, причем первоначальное время замкнутости для контакта правого вращения больше, чем для левого. Этот процесс продолжается до тех пор, пока щетки, а вместе с ними и руль высоты не достигнут „среднего" положения, то есть пока не будет выполнена команда управления (см. рис. 23). Начиная с этого момента реле P_3 перекладывается симметрично и мотор получает поочередно импульсы на правое и левое вращение, однако вследствие механической инерционности он не в состоянии на них реагировать. Благодаря этому, однако, значительно увеличивается точность установления (положения руля в соответствии с командой), так как трение покоя заменяется трением движения[1]. Кроме жесткой обратной связи, осуществляемой щетками CK_1 и CK_2, предусмотрена еще скоростная обратная связь (по производной) за счет последовательного включения в цепь реле напряжения, пропорционального угловой скорости вращения рулевой машины канала высоты. Это достигается включением небольшого генератора (тахогенератора *ТГ*), связанного с рулевой машиной. Такое „демпфирование" поддерживает удовлетворительный переходный процесс при отрабатывании сигнала управления и препятствует возникновению больших отклонений в регулировании.

[1] Происходит так называемая *вибрационная линеаризация*. — *Прим. ред.*

Так как эффективность руля зависит от скорости полета *V*, то угол отклонения руля должен зависеть от нее. Это осуществляется с помощью датчика скоростного напора *ДСН*, выполненного в виде находящейся в обтекаемом потоке пластины, которая перемещает щетку CK_3, изменяя тем самым положения руля высоты в установившемся режиме при определенном значении команды управления. Направление созданного рулем высоты ускорения определяется поперечным положением (относительно продольной оси) летящего объекта (рис. 47,*б*).

Крен объекта задается таким же образом, как и отклонение руля высоты, только обратная связь осуществляется не по положению управляющего органа (руля), а по положению поперечной оси объекта в пространстве: контакт p_2 выходного реле приемника через фильтр Φ_2 приводит в действие реле P_4, контакт p_4 которого посредством двух вакуумных реле BP_1 и BP_2 поочередно включает электромагниты элеронов $ЭМ_1$ и $ЭМ_2$. Обратная жесткая связь при этом осуществляется через потенциометр гироскопа *ПГ*, а демпфирование — с помощью одновременно срабатывающего с вакуумными реле $P\omega$[1].

Напряжение, пропорциональное угловой скорости вращения объекта ω_1 (вокруг продольной оси), на сопротивлении R_1 возникает благодаря тому, что конденсатор *С* заряжается через сопротивление R_2, определяющее постоянную времени и установившееся значение напряжения на конденсаторе; последнее через контакт $p\omega$ поочередно подключается к „+" и „—" бортовой батареи. Если, например, контакт p_4 дает команду „левый крен", то срабатывает BP_1 и $ЭМ_1$ притягивается, заставляя левый элерон отклониться вверх на полный угол, в то время как правый элерон остается в нейтральном положении. Тогда объект поворачивается вокруг продольной оси до тех пор, пока при согласовании угла между вертикальной осью гироскопа и поперечной осью объекта с углом $(90° + \alpha)$ реле не вступит в симметричный вибрационный режим, и оба элерона не начнут поочередно

[1] У первых образцов (с ASG-30, см. примечание на стр. 266.) на элеронах были размещены так называемые «омега-контакты». Введение реле $P\omega$ позволило освободиться от «омега-контактов» и подводящих к ним проводов в несущих плоскостях.

отклоняться вверх на половину периода (1/20 сек.). При этом среднее воздействие элеронов равно нулю, и обусловленное соответствующим отклонением руля высоты ускорение действует в направлении, которое определено положением рукоятки управления на датчике команд.

Остальные части системы управления были подобны изображенным на рис. 85. В частности, сброс в данном случае также осуществлялся нажатием на кнопку сброса, благодаря чему первоначально с помощью реле $p_г$ разарретировался гироскоп и через контакт $p_г$ включался электромагнит сброса *ЭС*. Контакт $p_г$ одновременно подключал минусовую шину к цепи управления элеронами, в то время как управление рулем высоты включалось через термическое реле замедления *ТР* только спустя примерно 1 сек. Эта мера должна была препятствовать возможности столкновения падающего объекта, двигатель которого запускался через скользящий контакт одновременно с воспламенением осветительного устройства, с самолетом в случае, если команда „вверх" от датчика команд поступила бы преждевременно. Сообразно с этим руль высоты перед стартом устанавливался в положение, соответствующее планированию под небольшим углом.

Относительно связи между передающей и приемной частью системы управления см. рис. 85, а также 3.523.1. (Цепи, замыкающиеся через 14-полюсный разрывной штеккер, на рис. 86 и 91 отмечены двумя концентрическими кружками.)

В качестве приемной антенны применялся проводник, который был натянут от левого конца горизонтального стабилизатора к изолированному плексигласом вводу, расположенному на правой стороне фюзеляжа Hs-293 (рис. 86 и 87). Антенный прибор AEG-230*b* конструктивно объединялся с вводным устройством и уравновешивался снаружи.

Взамен радиоприемника E-230 („Страсбург") можно было применять приемник сигналов управления, передаваемых по проводной линии связи, E-237 („Дуисбург"). Используемые для создания проводной линии связи катушки с 18-километровым стальным проводом диаметром 0,3 *мм* укреплялись на концах крыльев посредством труб (рис. 52 и 53), см. 3.511.22.

Как у бомбы „Фриц-Х", так и у Hs-293 предусматривался обогрев горячим воздухом отсека с приборным оборудованием. Поступление воздуха контролировалось расположенным на самолете-носителе специальным указателем *ТР*-203*b*. Металлический шланг для подвода горячего воздуха присоединялся к закрывающемуся крышкой с пружиной отверстию в хвостовой части обшивки (рис. 87).

Контрольная аппаратура для функциональной проверки системы управления по радио была в основном та же, что и для проверки FuG-203 (FuG-230*a*, см. 3.523.1). Для системы управления по проводной линии связи FuG-207/237 были также подготовлены соответствующим образом измененные контрольные устройства.

3.523.3. Другие проекты фирмы „Хеншель". Hs-293 явился первой из целого ряда разработок телеуправляемых, приводимых в движение реактивными двигателями летающих снарядов, проектировавшихся фирмой „Хеншель". Серийные образцы Hs-293A снабжались описанной в предыдущем разделе системой управления по радио FuG-230*b*, образцы же Hs-293*b* могли иметь или систему FuG-230*b* или FuG-237.

Образец Hs-293*c* предназначался для отвесного сбрасывания; его основное отличие от Hs-293A состояло в установке гироскопа, замеряющего углы крена, с большим рабочим диапазоном относительно поперечной оси. Далее планировалось применение „прибора регулирования" с вращающимися катушками.

Чтобы иметь возможность управлять на больших расстояниях по методу целеуказания (2.412.31) или же уводить самолет-носитель после сброса в облака, бомбы Hs-293D [10] (Hs-296 [9]) должны были снабжаться телевизионной головкой самонаведения „Тоннэ-А" (3.512.1).

У Hs-293H вместо двигателя Вальтер 109—507 предусматривалась установка специального двигателя (Шмиддинг 109—513), созданного фирмой „Хеншель". Обладая меньшим общим весом (100 *кг*, без нагрузки — 48 *кг*), он должен был создавать большую тягу (примерно 1000 *кг* в течение 10 сек.). В качестве топлива применялись синтетический метанол (М-штоф) и сжатый кислород [9]. Проводились эксперименты и с пороховым двигателем (WASAG 109—512) с тягой 1200 *кг* (Hs-293BG [9]).

Фирма проводила опыты по применению автоматических взрывателей для воспламенения боевого заряда в том случае, если не было достигнуто прямого попадания. В частности, рассматривалась возможность применения взрывателей „Какаду", „Марабу" (3.514.21) и „Пистоле" (3.514.22).

Модификацией планирующей бомбы Hs-293 явилась планирующая с погружением в воду бомба Hs-294. Она управлялась так, чтобы примерно за 30—40 *м* до цели (корабль) бомба под небольшим углом входила в воду и двигалась там на небольшой глубине (рис. 2). После погружения в воду крылья и хвостовая часть отделялись и корпус бомбы перемещался дальше прямолинейно.

Так как при подводном ходе скорость сближения по сравнению с полетом в воздухе была значительно ниже, то следовало, кроме ударного взрывателя, предусмотреть установку счетчика пути (лаг) или взрывателя приближения, который должен был вызвать детонацию бомбы под корпусом корабля в наиболее уязвимом месте.

Hs-294 не вышла из стадии испытаний. Это же относится к планирующей Hs-295 бомбе, подобной Hs-293, но большего калибра (весом примерно 2000 *кг*).

Hs-297 обозначалась так: телеуправляемая зенитная ракета „Шметтэрлинг" в процессе проектирования; в производстве же она получила официальное шифрованное обозначение „8-117" (Hs-117). Принцип действия ее рассматривается ниже (3.525.11).

Hs-298 являлась телеуправляемой „истребительной ракетой", см. 3.524.2.

3.524. *Телеуправляемые истребительные ракеты (реактивные снаряды воздушного боя, или снаряды класса „воздух—воздух").*

В то время как рассмотренные в предыдущем разделе телеуправляемые бомбы предназначались для поражения морских (1.312) или наземных целей (1.311), к концу войны в течение весьма короткого времени немецкая армия получила реактивное оружие для борьбы с воздушными целями (1.313). Сюда относятся, во-первых, зенитные реактивные снаряды, запускаемые с земли (3.525), и, во-вторых, „истребительные ракеты" (реактивные снаряды воздушного боя), запускаемые с борта истребителя. Немецкие ВВС применяли неуправляемые пороховые ракеты, например 50-*мм* реактивный снаряд R4M, изготовлявшийся заводом вооружения в Любеке. Эти снаряды применялись также против наземных целей, они подвешивались под крыльями истребителей Me-109 и Me-262 и запускались с расстояния 1200—1500 *м*; всего под крыльями самолета подвешивалось до 48 снарядов (11, 25).

Разрабатывались также два проекта телеуправляемых „истребительных ракет": снаряды X-4 и Hs-298. Оба снаряда прошли успешные испытания в 1944—1945 годах. Создание Hs-298 было завершено в января 1945 года (11, 25), а снаряд X-4 был подготовлен к серийному производству, однако окончание войны помешало боевому применению этого многообещающего оружия. Предусматривалось также применение зенитного снаряда „Шметтэрлинг" с борта самолета (3.525.11).

В качестве самолетов-носителей предполагалось использовать Me-109, FW-190 и Me-262, а также некоторые новые типы машин. Атака производилась с задней полусферы, по возможности с небольшим превышением, чтобы за счет снижения достигнуть большей скорости, а вместе с ней и большей эффективности снаряда. После пуска с расстояния примерно 2 *км* до цели самолет-носитель должен был оставаться в задней полусфере атакуемой группы; пилот, кроме управления своим истребителем, который следовало по возможности снабжать автоматами курса, должен был осуществлять телеуправление летящим впереди него снарядом по методу оптического накрытия (2.412.11). В связи с этим датчик команд управления помещался в непосредственной близости от пилота.

3.524.1. Истребительная ракета X-4. Проектирование X-4 (серийное обозначение „8-344") было начато в апреле 1944 года на заводе фирмы „Рурщталь" в Бракведе под руководством доктора М. Крамера после проведенных им предварительных работ при Немецком исследовательском авиационном институте. Ракета имеет крестообразно расположенные крылья, крестообразный стабилизатор со сдвоенными интерцепторами.

Основные данные ее, согласно [9], следующие:

Общая длина	2,10 *м*
Наибольший диаметр корпуса	22 *см*
Размах крыльев	86 *см*
Стреловидность и ширина	28 *см*
Ширина крыльев	40,5/355 *см*
Боевая часть	
длина	45 *см*
оболочка	10 *мм* (сталь)
вес взрывчатого вещества	20 *кг*
Корпус катушек	
длина	485 *мм*
диаметр	76 *мм*
Общий вес	около 60 *кг*
Двигатель ЖРД BMW 109—548 [9]	
вес без топлива	14 *кг*
общий вес	22,5 *кг*
тяга	140÷50 *кг*
продолжительность работы	22 сек.
Топливо	
„Тонка" („R-штоф")-50% неочищенный ксилидан F + 50% триэтиламин	1,8 *кг*
„Сальбай" („SV-штоф")-азотная кислота	6,7 *кг*
Начальная скорость	около 500 *км/час* ≈ 140 *м/сек*
Скорость полета	около 250 *м/сек*
Дальность действия	около 2 *км*
Максимальная дальность полета	примерно 5 *км*

В среднем отсеке снаряда помещались баки с топливом (конструктивные подробности см. [9]), а снаружи его были установлены четыре крыла, которые снимались при транспортировке объекта. Камера сгорания с центральным соплом связывалась со средней частью с помощью трех тяговых стержней, позволявших осуществлять регулировку направления оси сопла.

Одеваемая на эту часть сзади оболочка из легкого металла имела 7-полюсный разрывной штеккер и крестообразное хвостовое оперение. Она крепилась к соплу с помощью специальной муфты.

В каждой из четырех плоскостей стабилизатора монтировался выступающий по обе стороны плоскости интерцептор с электромагнитным приводом (рис. 82). Отсек хвостовой части между тяговыми стержнями использовался для размещения агрегатов телеуправления по

проводной линии связи (2.312.24, 2.332.12/.21): двух *T*-реле, позиционного гироскопа с коммутатором и 12-вольтовой сухой батареи, рис. 92.

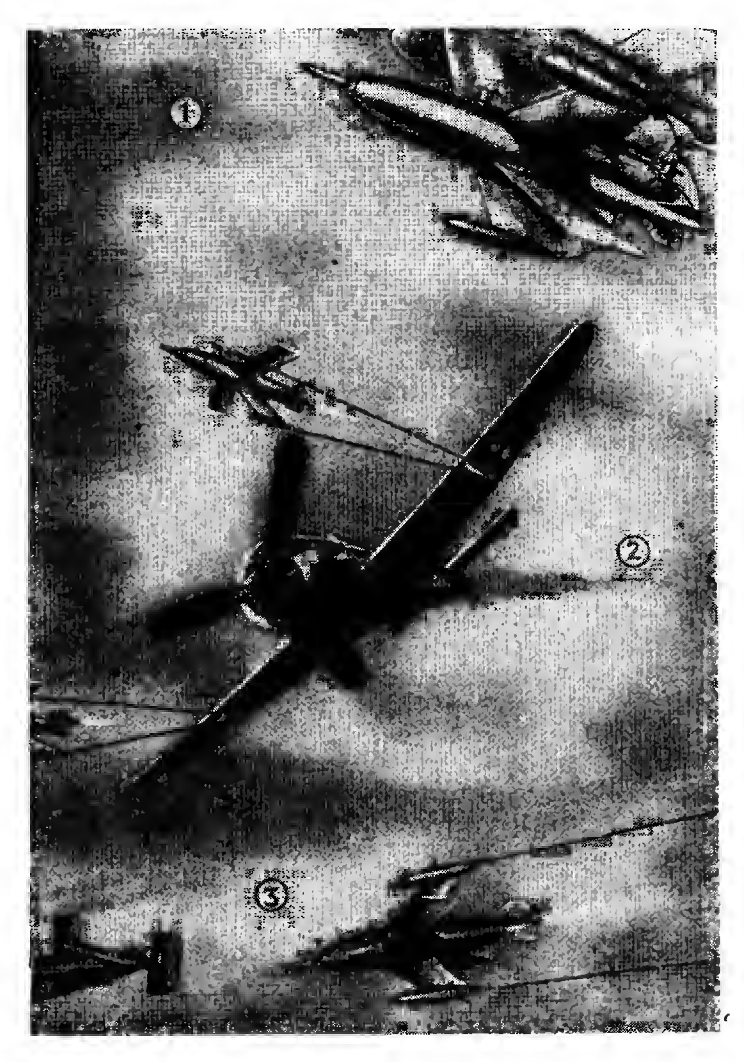


Рис. 91. Боевое применение истребительной ракеты X-4.

На двух из четырех крыльев устанавливались обтекатели катушек проводов телеуправления (рис. 91 и 94). Два других крыла несли осветительные патроны, служившие для определения местоположения объекта во время его полета (2.412.11). Крылья устанавливались не точно по оси корпуса, но с небольшим переносом с тем, чтобы в полете снаряд вращался вокруг своей продольной оси со скоростью около 60 об/мин. Эта мера имела исключительную важность, так как возможные отклонения, допущенные при изготовлении и регулировке корпуса, крыльев или хвостового оперения, не сказывались на точности полета по траектории: вследствие вращения снаряда „средняя" траектория (при симметричном перекладывании интерцепторов) оставалась прямолинейной. По заявлению изобретателя, доктора Крамера, благодаря этой мере допуски при изготовлении снарядов были примерно в десять раз больше, чем у (3.523.1) стабилизированной относительно продольной оси ракеты X-1. Стабилизирующее влияние вращения возрастало вследствие увеличения момента инерции объекта вокруг продольной оси за счет катушек с проводами, расположенных на большом расстоянии от оси (полная катушка имела 5500 *м* изолированного стального провода диаметром 0,2 *мм*).

Управление интерцепторами осуществлялось так же, как у „Фриц-X": срывающие воздушный поток кромки поочередно появлялись с одной и другой стороны плоскости, и управляющее воздействие зависело от времени замкнутости в определенном направлении (от значения команды управления *K*, рис. 21). Частота перекладки, однако, у X-4 была выше: 20 *гц* и соответственно $T = 0{,}05$ сек. (согласно [9], 5 *гц*?). Но так как объект вращался, то и не могло быть определенных рулей высоты и направления, обе плоскости выполняли две функции управления поочередно. Это осуществлялось распределителем команд управления, в котором использовался вращающийся посредством позиционного гироскопа переключатель. Соответствующая этому наиболее простая система управления изображена на рис. 92.

При такой схеме расположения сегментов коллектора (4×90°) требуемое значение управляющего воздействия достигается только через 90°. Чтобы достигнуть лучшего

приближения управляющего воздействия к требуемому положению, задаваемому датчиком команд, коллектор был видоизменен в соответствии со схемой на рис. 93;

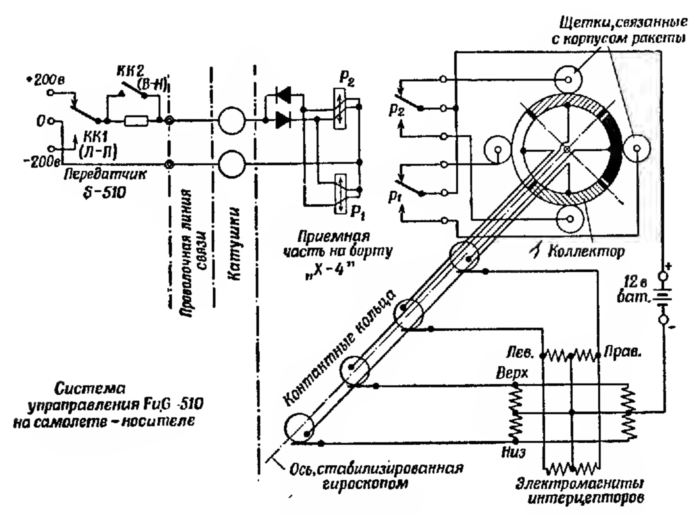


Рис. 92. Принципиальная схема системы телеуправления снаряда X-4.

при такой конструкции (4×60° + 8×15°) точное положение рулей достигалось в среднем через 45°.

Принцип работы такой системы управления по проводной линии связи постоянного тока описывался в 3.511.23. Передающая часть системы управления по проводной линии связи включала датчик команд и передатчик S-510, или „Дюссельдорф" (3.511.24), а также преобразователь переменного тока. Процесс подготовки к действию в принципе был таким же, как и у системы FuG-203/230 (3.523.1).

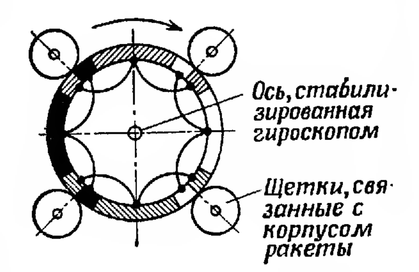


Рис. 93. Стабилизированный гироскопом коллектор снаряда X-4.

Основное отличие по сравнению с системой FuG-230 состояло в том, что в X-4 гироскоп после своего разарретирования и запуска объекта вращался без привода (работал на выбеге). В силу этого исключалась необходимость установки преобразователя гиромотора в корпусе ракеты X-4.

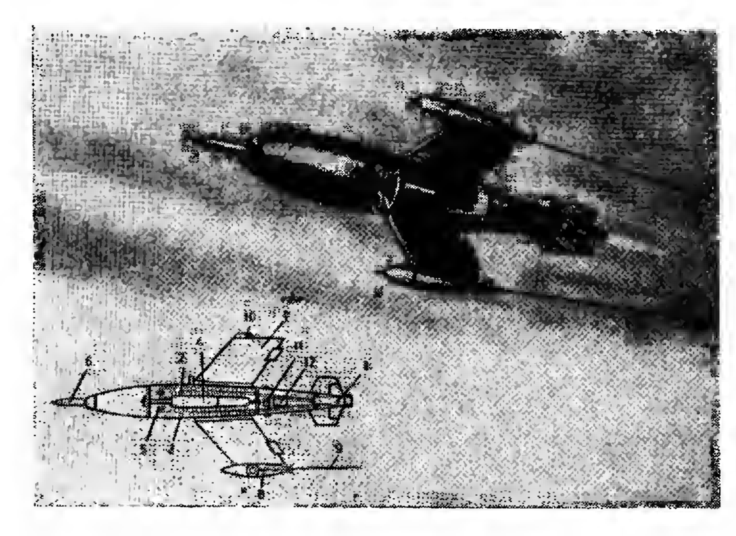


Рис. 94. Телеуправляемая „истребительная ракета" (снаряд воздушного боя) X-4.

1 — реактивный двигатель; *2* — топливный бак для „Сальбая"; *3* — топливный бак для „Тонки"; *4* — баллон со сжатым воздухом; *5* — клапан; *6* — взрыватель (акустический); *7* — крыло; *8* — обтекатель катушки; *9* — проводная линия управления; *10* — осветительный патрон; *11* — гироскоп системы управления; *12* — батарея.

Чтобы снаряд взрывался при отсутствии прямого попадания, снаряд X-4 снабжался акустическим дистанционным взрывателем (3.514.23), который размещался в головной части объекта в специальной оболочке с отверстиями для проникновения звуковых волн.

Снаряд X-4 среди телеуправляемого оружия должен был иметь наиболее простую конструкцию. В ней было воплощено множество гениальных идей. Оценить „практическую" эффективность снаряда не представляется возможным, так как применить в боевых условиях его не удалось.

3.524.2. Истребительная ракета Hs-298. Снаряд Hs-298 был спроектирован в 1944 г. самолетостроительной фирмой „Хеншель" под руководством профессора Вагнера. Он имел систему управления по радиолинии связи, которая в принципе походила на систему FuG-230*b*, применявшуюся в снаряде Hs-293 (3.523.2). В качестве приемника должен был использоваться прибор Е-232 „Кольмар" (3.511.13), поэтому приемная часть системы управления получила обозначение FuG-232. Самолетная передающая часть системы управления с передатчиком „Кель" называлась FuG-206. Предусматривался переход на радиосистему управления дециметрового диапазона „Когге" (3.511.14).

Для питания электрическим током бортовой системы вместо до сих пор применявшихся обычных батарей должен был использоваться генератор с приводом от ветрянки. Снаряд Hs-298 имел плоские стреловидные крылья с элеронами, хвостовое оперение — горизонтальный стабилизатор 1290 *см*² с неподвижными концевыми шайбами и рулем высоты.

Основные данные снаряда следующие [9]:

Общая длина	2,30 *м*
Максимальная высота фюзеляжа	41 *см*
Максимальная ширина фюзеляжа	20 *см*
Размах крыльев	1,30 *м*
Ширина крыльев	51/23,5 *см*
Общий вес	295 *кг* [25]
Двигатель пороховой РД Шмиддинг 109—543 (устанавливался в обтекателе под фюзеляжем)	
длина	81 *см*
диаметр	17,8 *см*
вес без топлива	63 *кг*
стартовой вес	95 *кг*
стартовая тяга	около 150 *кг* в течение 5 сек.
тяга через 20 сек.	около 50 *кг*
Топливо (твердое)	дигликоль-динитрит
Скорость начальная (стартовая)	около 500 *км/час* ≈ 140 *м/сек*
максимальная	около 235 *м/сек*
Дальность действия	1,5÷2 *км*
Максимальная дальность полета	около 5 *км*

Снаряд Hs-298 также должен был снабжаться автоматическим взрывателем, причем в первую очередь

предусматривалась установка взрывателя приближения „Какаду”, работающего на дециметровом диапазоне (3.514.21).

К „истребительным ракетам” можно отнести и Hs-117, поскольку этот снаряд должен был быть приспособлен для пуска с самолета, хотя основное его назначение — зенитный огонь (3.525.11). Проводились также эксперименты с планирующей бомбой Hs-253 (3.523.2) с целью использования ее против групп самолетов (запуск с бомбардировщика-истребителя). В связи с этим она должна была снабжаться или взрывателем приближения или приспособлением для взрыва боевого заряда на расстоянии: приемник E-230*h* (3.514.1). Для подобной же цели радиосистема управления FuG-206/FuG-232 (для Hs-298 см. выше) имела устройство воспламенения взрывчатого вещества на расстоянии посредством пятого низкочастотного канала. Применение подобного метода позволяло также использовать дециметровые взрыватели типа „Когге” (3.511.14).

3.525. *Телеуправляемые зенитные снаряды.* Чем шире разворачивались военные действия, тем серьезнее проводились в Германии работы по созданию эффективных средств борьбы против больших групп бомбардировщиков противника, которые безнаказанно подрывали военную мощь страны. Эти работы шли, с одной стороны, по линии создания описанных в предыдущем разделе „истребительных ракет”, по-настоящему разрабатываемых лишь с 1944 года, а с другой — по линии создания целого ряда проектов реактивных снарядов, которые должны были заменить снаряды зенитной артиллерии и которые в отношении калибра, дальности действия и точности попадания должны были значительно превосходить последние.

Вначале имелось несколько типов зенитных неуправляемых, или самонаводящихся, снарядов, как например построенный электромеханическими заводами снаряд „Тайфун” (длина 190 *см*, диаметр 10 *см*, стартовый вес 47 *кг*) с ЖРД, который должен был запускаться залпами и достигать высоты 15 *км* при максимальной скорости 760 *м/сек* [9]; далее созданные фирмой „Рейнметалл-Борзиг” в сотрудничестве с Исследовательским институтом Геринга, Брауншвейг—Фолькенроде, ракеты „Хехт” весом 140 *кг* и „Фоерлилие” (F-25—120 *кг* и F-55—470 *кг*) [9, 25].

К собственно телеуправляемым реактивным снарядам ПВО в основном относились дозвуковые зенитные снаряды „Шметтэрлинг” и „Энциан”; сверхзвуковые зенитные снаряды „Вассэрфаль” и „Рейнтохтэр”.

Из всех разработок начала 1945 г. были приняты к дальнейшему развитию как наиболее перспективные снаряды „Шметтэрлинг” и „Вассэрфаль”, а также истребительная ракета Х-4 [11]. Однако ни одна из них до капитуляции Германии не испытана в боевых условиях.

Что касается оснащения зенитных снарядов техникой телеуправления, то следует указать на специально разработанную систему „Рейнланд”, которая будет рассмотрена ниже (3.525.2). Сейчас же необходимо сопоставить характеристики четырех названных зенитных ракет (в основном по [9], см. также табл. 15).

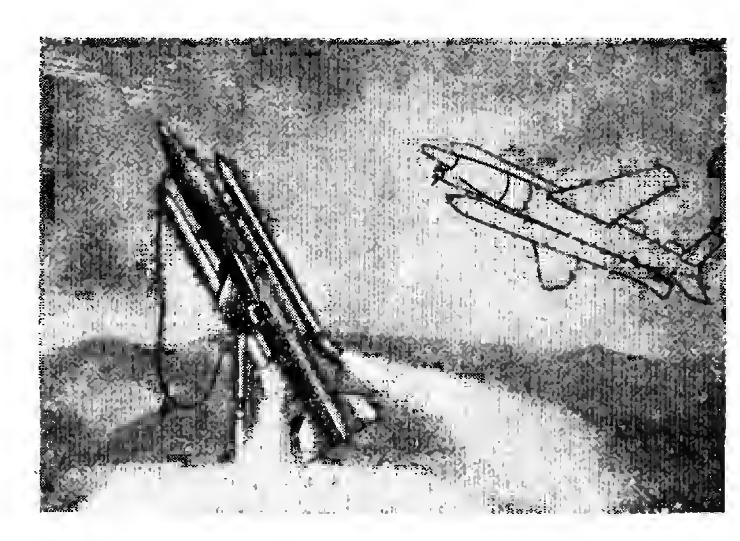


Рис. 95. Экспериментальный образец телеуправляемой зенитной ракеты „Шметтэрлинг”.

3.525.1. Зенитные снаряды.

3.525.11. „Шметтэрлинг” Hs-117. Выпускался самолетостроительными заводами „Хеншель”, Шёнефельд, Бер-

лин (проф. Вагнер). Снаряд в средней части имеет плоские стреловидные крылья с элеронами (длина 33 *см*). Хвостовое оперение: неподвижный вертикальный стабилизатор, горизонтальный стабилизатор (размах 1 *м*) с рулем высоты (из двух частей).

Основные данные снаряда:

Типовое обозначение	8—117
Общая длина	4,0 *м*
Диаметр корпуса	около 38 *см*
Размах крыльев	2,80 *м*
Ширина крыльев	66—32 *см*
Общий вес	около 450 *кг*
Вес боевого заряда	23 ÷ 40 *кг*
Старт	с наклонной установки

Стартовые двигатели: 2 стартовых ускорителя Шмиддинг 109—553 (сбрасываемые)

длина	2,40 *м*
диаметр	16,8 *см*
вес	85 *кг*
топливо дигликоль	40 *кг*
тяга	1750 *кг* каждый
время горения	около 4 сек.

Ось сопла направлена под углом 30° к продольной оси

Основной двигатель ЖРД BMW 109—558 (или ЖРД Вальтер 109—729) установлен в задней части корпуса снаряда; сопло с центральным расположением:

длина	2,70 *м*
диаметр	35 *см*
вес без топлива	84 *кг*
полный вес	158 *кг*
тяга	380—60 *кг*
продолжительность работы	33 ÷ 70 сек.

Топливо

„Тонка" („R-штоф")[1]	12,7 *кг*
„Сальбай" („SV-штоф")[1]	59 *кг*

ЖРД Вальтер 109—729 с топливом: 30 *кг* керосин + 68 *кг* „Сальбай"

Скорость полета	около 75 ÷ 300 *м/сек* (*Ма*-0,23—0,9)
Потолок (максимальный)	около 15 *км*
(практический)	около 10,5 *км*
Дальность действия (при весе боевого заряда 23 *кг*)	32 *км* (максимальная)

Фюзеляж и крылья изготовлялись из легкого металла. Головная часть имела несимметричное заполнение: с одной стороны находился боевой заряд с взрывателем, а с

[1] См. стр. 274.

другой — бортовой генератор электрического напряжения с приводом от воздушного винта. Система телеуправления бомбой Hs-293 (3.523.2); в качестве приемника использовался „Кольмар" (3.511.13). Частоты перекладки для элеронов и руля высоты были различными (25 и 5 *гц* соответственно). Привод руля осуществлялся с помощью электромагнитов прибора регулирования с вращающимися катушками.

Для облегчения старта нижняя стартовая ракета воспламенялась несколько раньше верхней; после выгорания топлива (примерно спустя 4 сек.) обе стартовые ракеты отбрасывались.

По достижении заданной скорости регулятор числа *Ма* должен был поддерживать ее постоянной, воздействуя на подачу топлива (в зависимости от скоростного напора). Помимо применения в качестве зенитного снаряда с запуском с земли Hs-117 был испытан на самолете как снаряд воздушного боя (3.524.2).

3.525.12. „Энциан" — снаряд с высоко расположенными крыльями (стреловидность 30° С), с одной парой рулей, хвостовое оперение — неподвижный горизонтальный стабилизатор. Разработан Верхнебаварским исследовательским институтом в Обер-Аммергау (доктор Конрад) и фирмой „Гольцбау" в Зонтхофене. Основные данные:

Типовой ряд	Е-1 до Е-5
Данные типа Е-4	
Общая длина	9,65 *м*
Наибольший диаметр	2,22 *м*
Размах крыльев	10 *м*
Общая площадь несущих поверхностей	21,57 $м^2$
Стартовый вес	1963 *кг*
Старт	с наклонной установки

Стартовые двигатели: 4 стартовые ракеты Шмиддинг 109—553, сбрасываемые (см. „Шметтэрлинг")

Основной двигатель (возможны три варианта):

	(Е-1 . . . 3)	Е-4	Е-5
	(ЖРД Вальтер с турбопомпой)	ЖРД Конрад (для двухкомпонентного топлива)	
вес без топлива		96 *кг*	
полный вес		около 700 *кг*	
тяга		2—1 *т*	2,5—1,5 *т*
продолжительность работы		70 сек.	56 сек.

топливо	115 *кг* Визоль +485 *кг* „Сальбай"	230 *кг* газолина („Br-штоф") +320 + *кг* „Сальбай" („sv = штоф")

Скорость полета .... около 250 *м/сек* (*Ма* ≈ 0,77)
Потолок .... 13,5 *км*
Дальность действия .... 40 *км*

Внешняя форма снаряда „Энциан" заимствована от пилотируемого реактивного истребителя Мессершмит, Ме-163. Несмотря на свои большие размеры, конструкция снаряда оказалась поразительно простой: планер снаряда должен был изготавливаться из дерева. Для управления в полярной системе координат применялись только две рулевые плоскости, которые размещались на задних кромках крыльев: при дифференциальном движении они действовали, как элероны (управление относительно продольной оси), при движении же в одном направлении вверх или вниз — как руль высоты (управление вокруг поперечной оси). Четыре стартовые ракеты за 4 сек. горения при общей тяге 7000 *кг* должны были сообщать ракете скорость до 900 *км/час* и затем (одновременно с включением основного двигателя) отделяться от снаряда.

3.525.13. „Вассэрфаль" — снаряд с четырьмя крестообразно расположенными трапецевидными крыльями небольших размеров, хвостовое оперение — 4 стабилизатора с большими аэродинамическими рулями.

Разработан Зенитным испытательным полигоном в Пенемюнде в сотрудничестве с Армейским исследовательским институтом Пенемюнде-Ост или Электромеханическим заводом Карлсхаген.

Основные данные:

Общая длина .... 6 *м*
Наибольший диаметр .... 70 *см*
Размах крыльев .... 1,92 *м*
Ширина крыльев .... 2,15—1,07 *м*
Стартовый вес .... около 3600 *кг* (!)
Пустой вес .... примерно 1600 *кг*
Вес боевого заряда .... 100 *кг* (!)
Старт... вертикальный, свободный, стабилизация с помощью 4 газовых рулей
Двигатель... ЖРД с центрально расположенным соплом
Тяга .... максимально 8 *т*
продолжительность работы .... 41 сек.

Топливо:
450 *кг* „Визоль" + 1500 *кг* „Сальбай" (для обеспечения подачи топлива 65 *кг* сжатого азота под давлением 200 *атм*)
Максимальная скорость полета .... около 600 *м/сек* (~2,2 *Ма*)
Время подъема до изменения угла .... около 6 сек.
Достижение скорости звука .... примерно через 20 сек.
Потолок .... 10 ÷ 18 *км*
Радиус действия .... 32 ÷ 26 *км* по [9] или [11]

Снаряд „Вассэрфаль", подобно другим ракетам дальнего действия (ср. с А-4*b* и А-9, также имевшими крылья небольших размеров, 3.522), был создан в Пенемюнде. Необходимые для стабилизации „свободного" старта газовые рули были связаны с четырьмя аэродинамическими рулями так, что они приводились в действие, как одно целое. Благодаря совместному действию рулей обоего типа в благоприятном для управления диапазоне скоростей и высот снаряды достигали поперечных ускорений до 12 *g* [25]. До конца войны был произведен отстрел около 50 экспериментальных снарядов [9].

3.525.14. „Рейнтохтэр" — двухступенчатая ракета. Разработана фирмами „Рейнметалл-Борзиг" (Берлин) и „Леба" (Померания). Разрабатывающиеся варианты R-1 и R-3.

Вариант R-1	Первая ступень	Вторая ступень
Длина	2,15 *м*	3,60 *м*
Диаметр корпуса	51 *см*	50 *см*
Крылья	4 стреловидных крыла	6 стреловидных крыльев
Размах	4,4 *м*	2,65 *м*
Ширина крыльев	82,5—30 *см*	71—25 *см*
Рули управления	—	Рулевые плоскости 40×35 *см* (спереди)
Стартовый вес		
R-1	750 *кг*	1000 *кг*
R-3	2×2,20 *кг*	536 *кг*
Вес боевого заряда	—	23 *кг*
Старт	С наклонной пусковой установки	
Двигатель (R-1)	Пороховая ракета	
Число сопел	7	6
Тяга (максимальная)	7,5 *т*; 0,6 сек.	16 *т*; 2,5 сек.

Топливо	Дигликоль—динитратовые шашки	
Вес топлива	240 *кг*	220 *кг*
Двигатель (R-3)	2 пороховые ракеты	ЖРД „Конрад"
Тяга	Максим. 14 *т*; 0,9 сек.	2,18÷1,8 *т*
Продолжительность работы	?	15 + 38 сек.
Топливо	2×250 *кг* дигликоля	88 *кг* „Визоль" + + 335 *кг* „Сальбай"
Максимальная скорость полета		($Ma \approx 1,5$)
Потолок (при старте под углом 70°)		(по [9]?)
Дальность действия		около 40 *км*

Ракета „Рейнтохтэр" была единственным телеуправляемым снарядом с управляющими плоскостями, расположенными в головной части объекта (типа „утки", см. рис. 96). Привод рулей выполнялся с помощью электромоторов, причем регулирование осуществлялось по замкнутой системе (звено обратной связи — потенциометр, см. привод руля высоты у Hs-293, рис. 90). Стабилизаторы изготовлялись из дерева; металлическая окантовка плоскостей использовалась как приемная антенна для радиосистемы управления. Относительно продольной оси ракета стабилизировалась с помощью гироскопа; это осуществлялось перемещением управляющих поверхностей в противоположных направлениях.

3.525.2. Программа „Рейнланд". Для телеуправления зенитными ракетами в 1944 г. под руководством фирмы „Телефункен" (Берлин) была разработана единая программа создания системы нескольких установок, охватывающих весь комплекс задач телеуправления: определение местоположения объекта и цели, управление и воспламенение взрывчатого вещества. Эта программа „Рейнланд" (47, 114) должна была, с одной стороны, обеспечить создание единого радиотехнического оснащения наземной батареи управляемых реактивных зенитных снарядов („Грюне Визе" [15]) и, с другой, — создать по возможности простую бортовую систему („Зёнляйн", см. ниже), пригодную для различных типов зенитных реактивных снарядов (3.525.1).

3.525.21. Общая схема. Для обеспечения успешного (ведущего к поражению цели) телеуправления зенитными реактивными ракетами-снарядами необходимо решить следующие задачи:

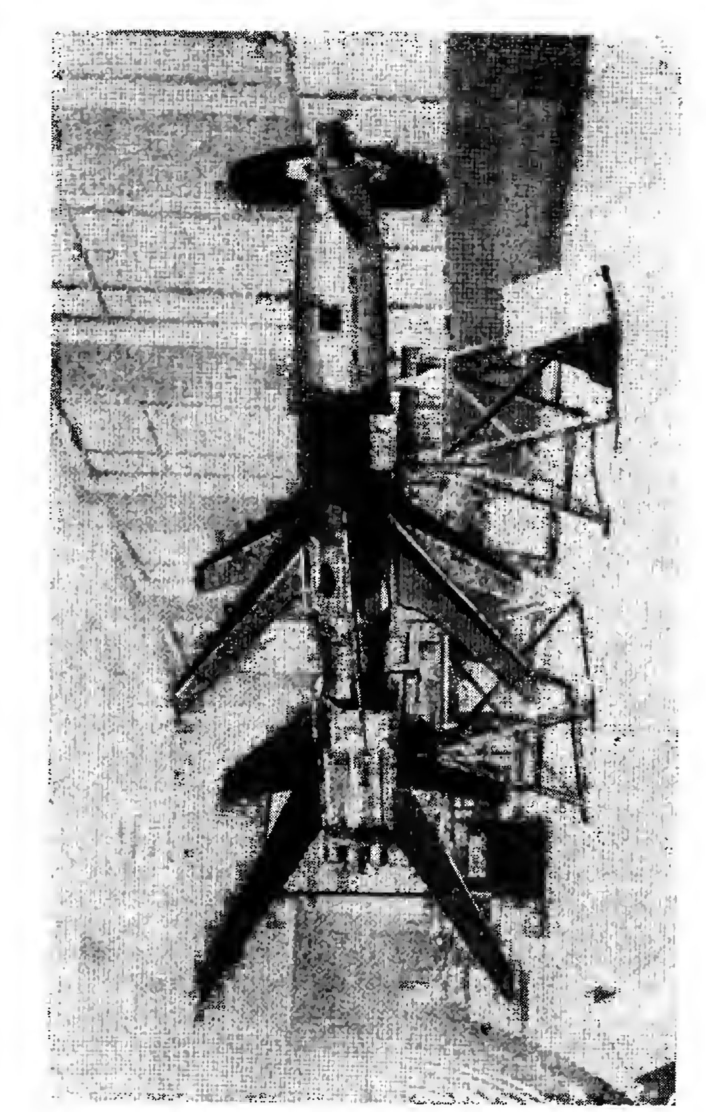


Рис. 96. Телеуправляемая двухступенчатая зенитная ракета „Рейнтохтэр" (R-1) на выставке в Англии.

1. определение местоположения цели } (2.41);
2. определение местоположения снаряда }
3. управление полетом снаряда (2.3);
4. воспламенение боевого заряда (2.6).

Согласно изложенному в 2.41, первоначально казалось, что наиболее подходящим для управления зенитными снарядами является метод направляющего луча (2.32), так как при этом отпадает необходимость в обособленном определении местоположения объекта (2.412.13 и рис. 30) и решение задач 1 и 3 полностью осуществляется путем слежения за целью с земли [9]. Но так как в последние годы войны еще не были полностью решены задачи создания нужных технических устройств, особенно для получения достаточной точности направляющего луча и для регулирования положения управляющих органов с помощью лучевого приемника определяющего отклонения снаряда от луча по двум координатам, то в программе „Рейнланд" предусматривались раздельное определение местоположений цели и ракеты по методу накрытия (2.412.1) и управление по методу телекоманд (2.31).

Кроме того, предусматривалось применение метода самонаведения (2.412.31) посредством телевизионных головок („Тоннэ А", „Шпроттэ", см. 3.512) в снарядах (в первую очередь „Вассэрфаль") или переход на самонаведение (2.412.4, 2.5, 2.75, 2.76) после вывода ракеты с помощью телекоманд в непосредственную близость к цели (около 1÷3 *км*). Однако в собственно системе „Рейнланд" этой аппаратуры (3.513) не имелось.

Для воспламенения взрывчатого вещества в зенитных снарядах должны были устанавливаться взрыватели приближения (2.632) и в первую очередь высокочастотные взрыватели „Какаду" и „Марабу" (3.514.21). В качестве возможного последующего решения команда на воспламенение должна была выдаваться с земли после сравнения измеренных электрическими способами расстояний до цели и объекта (2.612, 3.514.1).

Принцип определения местоположения и управления снарядом по методу „Рейнланд" показан на рис. 97.

Блок-схема системы соответствует схеме, изображенной на рис. 29. Местоположение цели определяется с

помощью радиоизмерительного устройства *ОМЦ*: ось антенны направляется на самолет (или группу самолетов), который следует поразить. Направленная приемная антенна прибора определения местоположения снаряда наводится (от руки, автоматически или благодаря жесткой связи) в ту же сторону и пеленгирует излучение установленного на управляемом снаряде радиопередатчика, создавая сигнал в виде светового пятна на экране

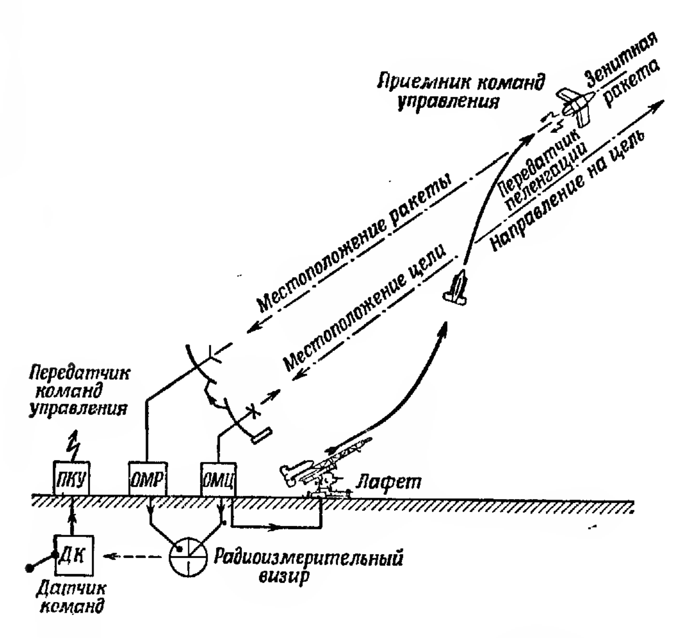


Рис. 97. Принцип работы системы телеуправления зенитными ракетами по методу „Рейнланд".

трубки. Отклонение пятна от центрального перекрестия является мерой угла отклонения снаряда относительно цели (так называемый радиоизмерительный визир). Далее задачей оператора является: перемещением рукоятки датчика команд *ДК* удерживать световое пятно на центральном перекрестии, а тем самым и снаряд на линии совмещения. Команды управления передаются посредством командного передатчика *ПКУ*; они принимаются

на борту снаряда командным приемником и воздействуют на управляющие органы. С антенной системой устройства определения местоположения цели можно связать направленную оптическую систему, которая бы позволяла управлять ракетой визуально, совмещая видимый в оптическую систему осветитель снаряда с перекрестием („Рейнланд oV"). Сиденье оператора при таком способе управления перемещается вместе с антенным устройством радиоизмерительной системы.

Методы управления (2.411.2) отличались в зависимости от характера старта снаряда (1.334.1, 3.525.1 и табл. 15). У ракет, запускаемых наклонно с лафета (пусковой установки) („Шметтэрлинг", „Энциан", „Рейнтохтэр"), сами лафеты по возможности должны были управляться в горизонтальной и вертикальной плоскостях с помощью радиоизмерительной системы. При этом требовалось устройство учета параллакса, обусловленного необходимым расстоянием между местом старта и радиоизмерительной системой (FuMG), и устройство учета упреждения, так как в процессе старта направление движения снаряда не должно изменяться и зенитные снаряды должны обладать конечным ускорением. Чтобы немедленно после старта осуществить надежный захват объекта, прибор определения местоположения снаряда должен быть выполнен так, чтобы в начале полета диаграмма направленности была достаточно широкой и лишь после накрытия цели можно было переключаться на более узкую диаграмму.

Для снарядов с вертикальным стартом („Вассэрфаль") метод должен был быть несколько иным. Антенное устройство системы пеленгации вначале направлялось не на цель, а на стоящий на стартовом столе снаряд. После старта антенное устройство благодаря счетно-решающей машине входа в режим управления автоматически перемещалось в направлении цели, положение которой определялось радиоизмерительной системой. Снаряд следовал за движением антенны благодаря тому, что оператор с помощью визира преобразовывал отклонения в команды управления. После окончания входа в режим управления процесс протекал так же, как и при наклонном старте [47].

3.525.22. Установки и приборы. Программой „Рейнланд" предусматривалось создание трех систем, А, Б и В, не считая предварительной системы „Рейнланд oV", см. табл. 15. Первая ступень программы — система „Рейнланд А" — в основном состояла из наземной системы „Эльзас" и бортовой системы „Зёнляйн".

А. Наземная система „Эльзас" имела:

1. Для определения местоположения цели — двухосевой пеленгатор с огромным (7 *м*) рефлектором „Ризэ" (с направленной оптической системой) и прибор — указатель отклонений оси антенны от направления на цель „Мангейм".

2. Для определения местоположения снаряда — двухосевое пеленгирующее устройство „Рейнгольд А", состоящее из направленной антенны (3 *м*) „Мангейм" с относящимся к ней пунктом выдачи команд.

Радиоизмерительные приборы „Мангейм" были заменены 50-сантиметровым пеленгационным приемником с радиоизмерительным визиром (см. выше). Кроме того, имелись низкочастотные приборы для выдачи команд (включались между датчиком команд и модуляционным входом командного передатчика).

3. Для управления снарядом — прибор Кельгейм, состоящий из передатчика Кель (S-203, см. 3.511.12) и вращающейся поляризованной ультракоротковолновой антенны (крестообразный диполь). Для передачи команд применялся метод „Кель—Страсбург" с измененной низкочастотной частью в том виде, как он описан в разделе 3.511.13 („переключение без фазового скачка", см. рис. 51).

4. Для наклонного или вертикального старта — счетно-решающее устройство учета параллакса и расчета угла упреждения или счетно-решающее устройство входа в режим управления фирмы „Гироскопические приборы", Берлин—Целендорф.

Б. Бортовая система „Зёнляйн А" имела:

1. Для определения местоположения снаряда — передатчик „Рюзэ" 50-сантиметрового диапазона небольшой мощности с диэлектрическим излучателем клинообразной формы (излучение в направлении задней полусферы).

Таблица 16

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ „РЕЙНЛАНД"

Системы	„Рейнланд oV"		„Рейнланд А"	„Рейнланд В"	„Рейнланд С"
Система пеленгации	2-осевая		2-осевая		3-осевая
ОМР и *ОМЦ*	*ОМР* оптическое		Обособленное		Общее
Диапазон волн	Дециметровый		Дециметровый		Сантиметровый
Пеленгатор *ОМР*	Оптический		„Рейнгольд А"	„Рейнгольд В	Объединен с „Марбах"
Радиосистема *ОМЦ*	„Вюрцбург—Мангейм"		„Мангейм-Ризэ"		
Счетно-решающие устройства	—		Учет параллакса, расчет упреждения (+вход в режим управления)		
Передатчик команд	„Кельгейм"	„Каи"	„Кельгейм"	„Каи"	„Кран"
Наземная система	„Бургунд"	„Франкен"	„Эльзас"	„Брабант"	„Ганза"
Передача команд	УКВ	Дециметровый	УКВ	Дециметровый („Когге")	
Бортовая система	„Страсбург" „Кольмар"	„Бриг"	„Зёнляйн А"	„Зёнляйн В"	„Зёнляйн С"
Приемник команд	„Страсбург", „Кольмар"	„Бриг"	„Марбург"	„Бриг"	„Фрегат"
Передатчик местоположения			„Ризэ" (дециметровый)		Сантиметровый
Взрыватель приближения	„Какаду", „Марабу" (или другие)				

Примечание: *ОМЦ* — определение местоположения цели; *ОМР* — определение местоположения ракеты.

2. Для приема команд управления — ультракоротковолновый приемник „Страсбург" или измененный „Марбург" (3.511.13), а для снаряда „Шметтэрлинг" — приемник „Кольмар".

3. Для воспламенения взрывчатого вещества — один из находящихся в разработке чувствительных дистанционных взрывателей или взрывателей приближения, в первую очередь „Какаду" или „Марабу" (3.514.21).

Бортовые системы на различных ракетах видоизменялись в зависимости от снабжения электроэнергией, требований регулирования и т. д. и в соответствии с этим носили различные дополнительные обозначения, например „Зёнляйн A—S" для снаряда „Шметтэрлинг" — Е для снаряда „Энциан"—W и т. п. (3.525.1).

Переход от системы „Рейнланд А" к системе „Рейнланд В" состоял в основном в замене ультракоротковолновой системы телеуправления „Кель—Марбург" дециметровой аппаратурой „Когге" (3.511.14). Эта замена должна была дать следующие преимущества.

1. Большую помехозащищенность благодаря усовершенствованию приемных антенн (2.72, 2.73); в качестве последних в области УКВ использовались некоторые провода или изолированные части конструкции снарядов, в то время как для приборов дециметрового диапазона предусматривалась установка диэлектрических клиньев с направленными характеристиками.

2. Уменьшение размеров бортовой системы в связи с уменьшением числа ламп в приемниках: „Страсбург" (12 ламп), „Бриг" (4 лампы), „Зёнляйн А" (15 ламп), „Зёнляйн В" (7 ламп).

3. Наземная система „Брабант" по сравнению с системой „Эльзас" была также проще в том отношении, что во второй отсутствовал обособленный ультракоротковолновый передатчик („Кельгейм"). Дециметровый передатчик „Каи" или соответственно „Кран" (3.511.14) являлись составными частями пеленгирующего устройства „Рейнгольд В", на котором монтировалась передающая антенна, при помощи которой оно направлялось на цель. Количество ламп в системах „Эльзас" и „Брабант" было одинаковым: 222 лампы(!) [47]. Устройства определения местоположения цели и ракеты последней модификации

„Рейнланд С" должны были быть выполнены трехосевыми и объединенными в систему „Ганза". Это стало возможным благодаря введению радиоизмерительной системы сантиметрового диапазона („Марбах") [15], которая при одинаковой или лучшей точности позволяла ограничиться 3-метровыми отражателями, вследствие чего вся система могла быть полностью моторизована.

В марте-апреле 1945 года в Гарце должна была быть установлена первая система „Грюнэ Визэ" — опытная батарея с наземной системой „Эльзас" и зенитными снарядами „Шметтэрлинг", снабженными бортовой системой „Зёнляйн A—S", но американская оккупация помешала созданию этой батареи.

3.526. *Другие разработки.* В этом разделе необходимо рассмотреть еще несколько видов телеуправляемого оружия, о которых автор не может сообщить столько же сведений, сколько было приведено в описании предыдущих образцов (3.51 и 3.523, 3.524, 3.525), так как он не имел прямого отношения к их разработке, а также в его распоряжении не было необходимых материалов (как по 3.522).

3.526.1. Наземные объекты. Наряду с Фау-2 широкую известность в ходе второй мировой войны получила гусеничная торпеда „Голиаф" и носитель взрывчатого вещества В-4.

3.526.11. Гусеничная торпеда „Голиаф". Торпеда представляла собой миниатюрный танк, снаряженный взрывчатым веществом; он управлялся по методу отдельных команд (2.311.21) по проводам (2.332.12). При этом различным командам для управления и возбуждения других процессов (2.612), как например „взрыв", соответствовали различные импульсы постоянного тока (2.332.21) [46]. В системе управления предусматривалось запирание, которое позволяло изменять последовательность импульсов (см. 3.511.21).

3.526.12. Носитель взрывчатого вещества „В-4" („G-Шлеппер") действовал по такому же принципу, что и „Голиаф". В то время как „Голиаф" с точки зрения классификации, приведенной в разделе 1.2, являлся „носителем действия" (1.221.1), В-4 представлял собой возвращаемый носитель для „носителя действия", то есть боевого заряда

(1.221.2). Речь идет о телеуправляемой бронированной гусеничной повозке, которой по радио (2.331.11) могли быть даны следующие отдельные команды (2.311.21, 2.612): движение вперед, остановка, движение назад, правый разворот, левый разворот, постановка дымовой завесы в несколько полос, сброс заряда, самовзрыв. Для передачи команд управления и специальных команд использовалась описанная в разделе 3.511.11 система FKL-8. Приемник FuKE-8 находился в телеуправляемом объекте, в то время как передатчик FuKS-8 с входящим в комплект датчиком команд KoG-2 (рис. 43) размещался на передвижном командном пункте, который находился в зрительной связи с „В-4" (2.412.11). Если непосредственное наблюдение было невозможно, то подача команд могла осуществляться по указаниям спиециального наблюдателя (см. примечание, стр. 66). Наконец предусматривалась возможность управления по методу целеуказания (2.412.31), для чего управляемый объект должен был снабжаться телевизионной камерой („Тоннэ Р", 3.512.1) и ультракоротковолновым передатчиком [48].

3.526.2. Управляемые суда.

3.526.21. Корабли-мишени. Как уже упоминалось в разделе 3.1, с самого начала развития техники связи проводились многочисленные опыты по телеуправлению кораблями. Эти эксперименты привели к созданию в 20-х годах в немецком ВМФ телеуправляемых по радио кораблей-мишеней „Церинген" и „Гессен". Техника применяемого при этом метода (многократные команды, разделенные по времени, см. 2.311.21) была описана Г. Шухманом, фирма „Сименс и Гальске", Берлин[1].

Корабль „Церинген" управлялся с помощью простой декадной системы команд, при которой в соответствии с желаемым номером команды выдавались импульсы. Затем наступала пауза, фиксируемая с помощью реле, и, наконец, выдавались дополнительные импульсы до числа 10. В качестве критерия правильности переданной команды служило срабатывание временно́го реле для паузы

[1] Так как автору не удалось получить опубликованных материалов по этой теме, то он обратился с соответствующим запросом к Шухману, который и сообщил приводимые в тексте сведения.

и правильность дополнительных до числа 10 импульсов. Каждый принятый на „Церингене" сигнал передавался обратно на судно управления, где автоматически сравнивался с переданным сигналом.

У более позднего корабля-мишени „Гессен" использовалась двоичная система команд, подобная системе, применяемой для пищущих телеграфных аппаратов.

Из соображений надежности выдавались двойные импульсы. В указанной двоичной системе положительному импульсу соответствовал двойной импульс „+ —", а отрицательному импульсу двойной импульс „— +". В приемном устройстве далее осуществлялся контроль, поступила ли комбинация „+ —" или „— +". Если комбинации не было, то со стороны приемной части следовала „команда помех". Обратная информация и контроль использовались тогда таким же образом, как и при декадной системе управления на „Церингене".

3.526.22. Быстроходные катера. Как в первую мировую войну с примитивными средствами техники того времени (3.1), так и в последнюю войну проектировались телеуправляемые суда различных типов, которые должны были управляться с помощью радио- и проводных линий связи с земли, с другого корабля или с самолета. Одним из таких проектов являлся „Тассо" [46], для которого должна была применяться система „Кель—Страсбург" (2.312.24, 3.511.12). Подробности автору не известны.

3.526.23. Торпеды. Основная трудность при осуществлении телеуправления торпедами (вообще подводными объектами, 1.312.2) состоит в том, что электромагнитные волны в водной среде чрезвычайно ослабевают. Единственный в этой области проект NY, в котором использовались электромагнитные волны частотой около 100 *кгц* (3.511.15), не был завершен. Другая разработка представляла собой систему управления по проводам NYK (см. 3.511.25). Необходимо в связи с этим упомянуть о комбинированном методе управления по Кроки, см. 2.333.

Определение местоположения управляемой по методу телекоманд (2.31) торпеды должно было осуществляться исключительно визуально, благодаря чему ее траектория была также видна атакуемому противнику (по следу газовых пузырей или же при электрическом приводе, по пятнам краски по пути движения). Предусматривалось также устанавливать в хвостовой части торпеды осветительную лампу, которая должна была оставаться невидимой с передней полусферы. Ее можно было видеть только сверху под достаточно большими углами (следовательно, при управлении с самолета), при малых же углах визирования имело место полное отражение в воде.

Проектировалось, кроме того, управление по проводам с подводной лодки по методу целеуказания (2.412.32): пеленгационная головка „Лерхе" (3.513.34).

Для автоматического самонаведения торпед должны были служить головки „Цаункёниг" (3.513.34) или „Гайер" (3.513.35), из которых первую (пассивный прибор) удалось применить в боевых условиях [14].

3.526.24. Старт ракет из воды. Необходимо упомянуть о проекте, который должен был позволить осуществить старт ракет из-под воды. Метод такого старта разрабатывался в связи с подводными лодками, которые должны были нести на себе или буксировать за собой ракеты, а также иметь соответствующую аппаратуру.

После того как в Пенемюнде уже в 1942 г. с успехом был проведен эксперимент по запуску пороховой ракеты с погруженной подводной лодки, в 1943—1944 гг. были начаты исследования возможности старта ракет А-4 с плавающих пусковых устройств, которые должны были буксироваться подводными лодками к месту стрельбы [11].

3.526.3. Воздушные объекты. Описанные в разделах 3.521—3.525 телеуправляемые объекты могут быть названы важнейшими немецкими разработками, которые либо уже применялись в боевых условиях (Фау-1, Фау-2, „Фриц-X", Hs-293), либо усиленно подготавливались к массовому производству в конце войны (истребительные и зенитные ракеты). В указанных разделах называлось также несколько проектов, которые в процессе своего развития стояли в теснейшей связи с вышеназванными видами оружия (А-1 до А-10, X-5, Hs-294, Hs-295, „Хехт", „Фойерлилия"). Здесь же должны быть упомянуты еще некоторые проекты, которые, помимо уже рассмотренных, разрабатывались во время войны в Германии. Эти проекты касаются бомб различных типов.

3.526.31. Падающие бомбы. Кроме ряда снарядов типа „X" с интерцепторным управлением, проектировавшихся при Авиационном научно-исследовательском институте (3.523.1), существовал еще проект бомбы FB-1000, система управления которой разрабатывалась фирмой „Сименс и Гальске". Эта телеуправляемая падающая 1000-килограммовая бомба имела цилиндрическоех хвостовое оперение, посредством которого осуществлялось управление в декартовой системе координат относительно поперечной и вертикальной осей с помощью непрерывно меняющихся значений команд управления. Разработки были прекращены примерно в 1943 году, когда выяснилось, что более простая по конструкции падающая бомба SD 1400-X давала лучшие результаты.

3.526.32. Планирующие бомбы. После того как различные исследования показали, что неуправляемые планирующие бомбы для обеспечения заданной траектории полета не требуют точности производства, в 1940 году самолетостроительной фирмой „Блом и Фос", Гамбург—Финкенвердер (независимо от создания телеуправляемых планирующих бомб на самолетостроительных заводах фирмы „Хеншель", 3.523.2, 3.523.3), была начата разработка автономно управляемой планирующей бомбы BV-143. Этот снаряд длиною примерно 6 *м* при общем весе около 1 *т* имел 500-килограммовую бронебойную бомбу (SB-500) и реактивный двигатель Вальтер (продолжительность работы 1 мин.). Снаряд сбрасывался с самолета и развивал в планирующем полете скорость около 200 *м/сек*. Он снабжался автоматической системой управления относительно трех осей (2.23), с помощью которой он вначале описывал заранее заданную прямолинейную траекторию полета.

Бомба BV-143 предназначалась преимущественно для поражения морских целей с расчетом на попадание несколько метров выше ватерлинии. По достижении определенной высоты полета управление вокруг поперечной оси осуществлялось с помощью „высотного щупа", который благодаря воздействию на посадочные закрылки должен был выводить объект из планирующего полета и далее стабилизировать его в горизонтальном полете над поверхностью воды (2.223).

Наряду с применением механических щупов проводились опыты с емкостными и оптическими измерителями малых высот. Проблемами управления занимался главным образом исследовательский институт фирмы „AEG". Для управления относительно вертикальной оси, кроме автоматической стабилизации, предусматривалось управление по радиолинии по принципу работы системы „Кель—Страсбург" (3.511.12, снаряд BV-143B). После того как продолжительные испытания и изменения конструкции этой „надводной торпеды" (см. рис. 2) не привели к преодолению затруднений, связанных с вопросами аэродинамики и управления, снаряд BV-143 в 1944 году был снят с дальнейших испытаний [25].

Следующей разработкой самолетостроительной фирмы „Блом и Фос" явилась проектировавшаяся в 1943 г. планирующая бомба дальнего действия BV-246. Она имела очень малый угол планирования (1:26) и замышлялась как средство поражения площадных целей; при сбросе на высоте 8000 *м* дальность полета бомбы достигала 200 *км*. Она снабжалась также автоматической системой управления по трем осям. Предусматривалось также снабдить BV-246 прибором самонаведения, работающим на базе инфракрасного излучения (2.552.12, 3.513.2), с целью применения ее для поражения целей малых размеров, например фабрик, металлургических заводов, скоплений кораблей. Но так как немецкое командование в отношении воздушной войны в 1944 году должно было больше думать об обороне, чем о нападении, то в начале года работы по созданию BV-246 были прекращены, однако к концу того же года возобновлены: на основе планирующей бомбы была создана летающая мишень для зенитных ракет. В связи с этим на объекте был установлен прибор, обеспечивающий программное управление виражом (2.251). К тому времени, когда удалось достигнуть безупречного полета по виражу, имитирующему траекторию полета соединения бомбардировщиков, система „Грюнэ Визэ" прекратила свое существование, см. 3.525.2 [25].

Автономно управляемая планирующая бомба GB-200 с одногироскопной стабилизацией относительно вертикальной и продольной оси, по М. Майеру, должна была

изготовляться фирмой „Рейнметалл-Борзиг"; ее разработка была прекращена в 1942 г. в пользу телеуправляемых бомб [25].

3.526.33. Ракеты. Кроме уже описанных, заслуживает внимания еще один снаряд, который должен был появиться незадолго до конца войны как модификация истребительной ракеты X-4 (3.524.1). Речь идет о X-7 — самом малом телеуправляемом снаряде. Этот снаряд при стартовом весе 9 *кг* должен был с помощью двухступенчатого порохового ракетного двигателя WASAG развивать скорость около 100 *м/сек.*

Дальность действия снаряда достигала 3 *км.* Этот снаряд длиной 76 *см* должен был запускаться с земли против танков и самолетов-штурмовиков. Система телеуправления была подобна системе управления по проводам „Дюссельдорф" (X-4) (3.511.24, 3.524.1, рис. 94). В отличие от X-4 ракета X-7 должна была иметь только пару стабилизирующих плоскостей с интерцепторами.

3.526.34. Воздушные мишени. Выше уже упоминалось (3.526.32), что в конце войны были попытки применить сбрасываемую с самолета планирующую бомбу BV-246 в качестве мишени для тренировочной стрельбы (1.212.3) телеуправляемыми реактивными зенитными снарядами. В 1940—1941 годах фирмой „Аргус Моторен", Берлин, строился самолет-мишень небольших размеров (1.211.3) для тренировочной стрельбы зенитной артиллерии. Он был снабжен двигателем с воздушным винтом, взлетал и садился на обычном аэродроме. Для целей телеуправления в цилиндрическом фюзеляже самолета был установлен специальный приемник, который посредством электромагнитов приводил в действие плоскости рулей. Приемник, созданный фирмой „Лоренц AG" (Берлин—Темпельгоф), работал подобно приемнику „Страсбург" (3.511.12), но изготовлялся в виде длинного цилиндра диаметром около 8 *см.* На земле использовалась передающая система „Кель II" (FuG-204), которая состояла из передатчика S-203, модуляционной части MT-204 и датчика команд Ge-204 (подобен датчику Ge-203, 3.511.12); в качестве передающей антенны применялся полуволновый горизонтальный диполь, устанавливаемый на трубчатой мачте. Кроме непрерывных команд управления (2.312.24), могли передаваться отдельные команды (2.311.1) для выключения зажигания у двигателя внутреннего сгорания. Посадка самолета-мишени производилась в управляемом планирующем полете.

3.526.35. Самолеты. В разделе 3.1 уже упоминалось о создании фирмой „Сименс" полной системы телеуправления трехмоторным самолетом Ju-52. Необходимо также здесь указать на разработанный в 1944 г. фирмой „Е. Бахем" пилотируемый ракетный перехватчик „Наттэр" BP-20 для вертикального старта с пусковой установки. При старте и до высоты около 1000 *м* управление снарядом должно было осуществляться автоматически с помощью аэродинамических и газовых рулей [9, 10, 105, 106].

Наконец приведем еще один проект, разрабатывавшийся в последние месяцы войны немецким командованием ВВС: применение специального самолета, нагруженного взрывчатым веществом, против важных наземных целей, например скопления кораблей или вражеских бомбардировщиков. Самолет с боевым зарядом „Мистэль" должен был лететь к цели с помощью собственных двигателей и при этом нести на себе небольшой самолет-истребитель „Гуккепак", см. рис 100 [12].

По достижении района цели самолет-истребитель (например, FW-190) отделялся от самолета-носителя (например, Ju-88), снабженного боевым зарядом, и последний наводился на цель пилотом истребителя, который теперь уже летел на своем моторе. Для телеуправления истребитель снабжался бортовой радиопередающей системой FuG-206 (3.524.2), а самолет-носитель — приемником „Страсбург Н" (3.514.1). Планировалось также оборудовать самолет-носитель приборами самонаведения (3.513) и взрывателями приближения (3.514.2).

Таковы немецкие проекты телеуправляемых объектов.

В заключение необходимо упомянуть об одном американском проекте, который в этой связи заслуживает внимания, поскольку он, с одной стороны, базировался на немецких работах, а с другой стороны, с помощью его можно показать тот уровень, которого достигла техника автоматического управления (согласно 2.1, она может рассматриваться как предварительная ступень техники телеуправления) после войны.

3.6. ТРАНСАТЛАНТИЧЕСКИЙ ПЕРЕЛЕТ С ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Примером наиболее полного применения техники автоматического управления [65, 66] является широко известный факт трансатлантического полета транспортного самолета С-54 ВВС США, осуществленного в 1947 году. Во время этого полета, проходившего по маршруту Гармон Филд (Стефенсвиль, Нью-Фаундленд) — Брайз (Нортон, Англия) протяженностью 3800 *км*, все управление осуществлялось полностью автоматизированными электромеханическими устройствами, хотя на борту и находился экипаж, который от старта до посадки не вмешивался в управление самолетом. За 10 час. 15 мин. полета приборы управления на самолете использовались неоднократно и в различной очередности, как это видно из табл. 17.

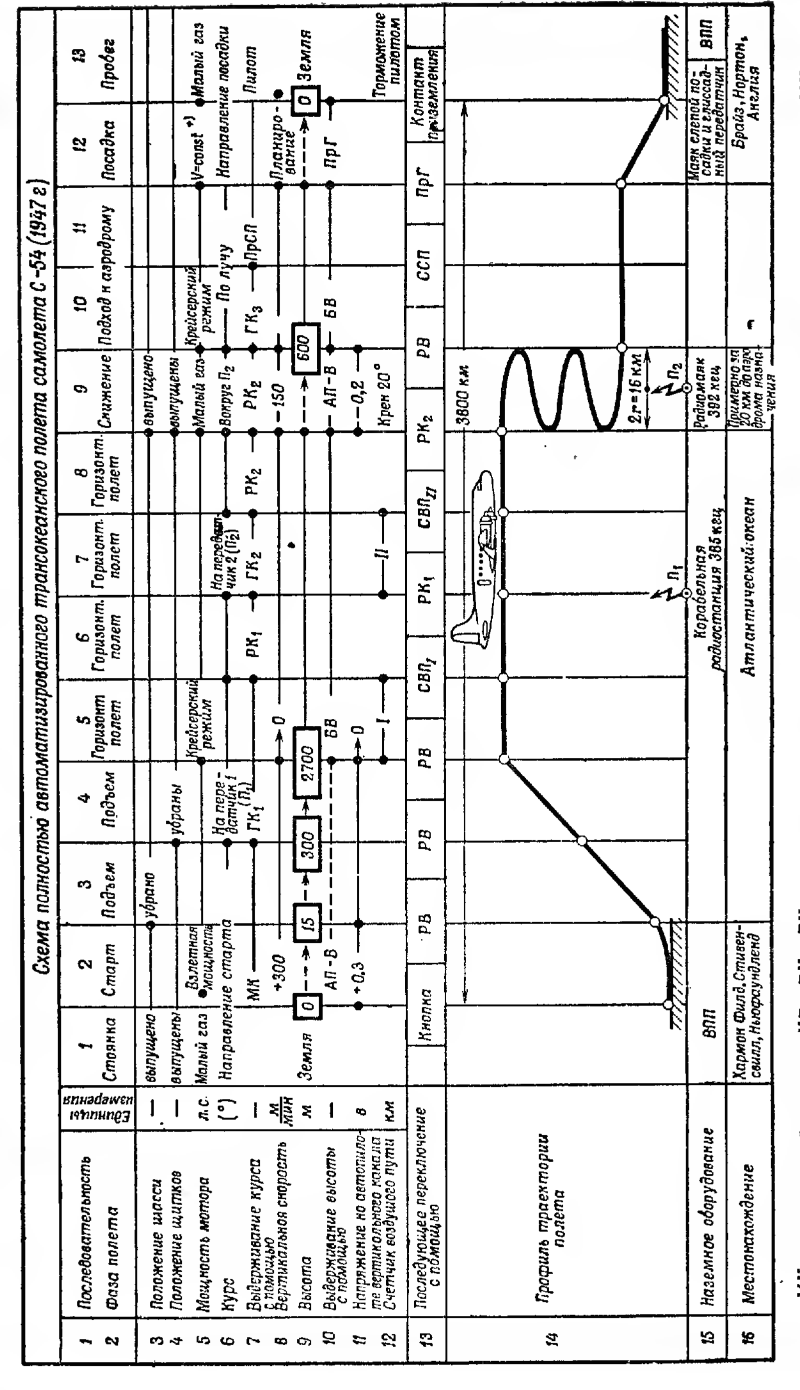


Рис. 98. „Мистэль" — „Гукепак" („Отец и сын").

Процесс управления был разбит на 13 отдельных этапов, которые последовательно включались друг за другом посредством специального переключателя. Последующее срабатывание переключателя происходило под воздействием различных устройств, приведенных в графе 13. Отдельные фазы полета частично представляли собой полет с чисто автономным управлением, согласно определению, данному в 2.11, 2.21, 2.22, 2.23 и 2.24 (фазы полета 1...5, 7, 10), а отчасти полет на радиомаяк в смысле определения, данного в 2.13 и 2.254—2.5 (фазы полета 6, 8, 9, 11, 12). Переключения между фазами 6—7, 8—9, 10—11, 11—12 вызывались специальными контактами („Fühler") приемников полета на радиомаяк, слепого полета или планирования, которые срабатывали при пролете радиомаяка или соответственно при входе в зону действия системы посадки. Стабилизация вокруг продольной оси (2.23) во время всего полета осуществлялась поперечным каналом автопилота. Пилот брал управление на себя после приземления, то есть во время пробега; этот процесс в принципе также можно осуществить методами автономного управления и телеуправления, как это было, например, у известной системы „Сименс-Гешпанн" Ju-52, которая испытывалась уже в 1940 году (3.1).

На конференции по вопросам воздушной радионавигации, проходившей 17 апреля 1953 года во Франкфурте-на-Майне, было сообщено, что в системе управления самолетом во время трансатлантического полета использовались разработанный на основе воздушного лага самолета-снаряда Фау-1 счетчик воздушного пути и автопилот, построенный на базе системы автоматического управления относительно трех осей типа LGW [66]. Между тем в США продолжались усиленные работы в этой области, целью которых было повысить безопасность полета.

Уже вырисовывается перспектива мирного применения техники автоматического управления и телеуправления. Сегодня вся транспортная авиация при дальних полетах опирается на эту технику. Возможно, завтра она появится на наших автострадах, чтобы на расстоянии управлять автотранспортом и тем самым способствовать повышению безопасности его движения. Теоретическая разработка этих вопросов и эксперименты в этой области уже проводятся. Этим занимается такой крупный специалист, как д-р Зворыкин [113]. Если человечеству удастся направить достижения своего ума на служение целям прогресса, а не уничтожения, то мы послезавтра сможем вырватся из сферы притяжения нашей планеты, вследствие чего объем наших знаний чрезвычайно расширится, и не последнюю роль в этом сыграет телеуправление.



МК — магнитный компас; $КГ_1$, $ГК_2$, $ГК_3$ — гироскопические компасы, настроенные на разные курсы, корректируемые от МК; АП—В — вертикальный канал автопилота; БВ — барометрический высотомер; РВ — радиовысотомер; $РК_1$, $РК_2$ — радиокомпасы, настроенные соответственно на передатчики $П_1$ или $П_2$; СПП — система слепой посадки ILS; ПрСП — приемник системы слепой посадки; ПрГ — глиссадный приемник ILS; $СВП_I$, $СВП_{II}$ — счетчики (интеграторы) воздушного пути, настроенные на отрезки пути I и II.

ЛИТЕРАТУРА

КНИГИ:

1. S t a n n e r W., Leitfaden der Funkortung, Band I der Lehrbücherei der Funkortung, 4 Aufl., Deutsch Radar-Verlagsgesellschaft m. b. H. Garmisch-Partenkirchen, 1955.
2. Funk- und Schallortung in der Seeschiffahrt. Bücherei der Funkortung, hrsg. von Staatssekretär Professor Leo Brandt, Düsseldorf, Band I, Verkehrs — und Wirtschaftsverlag GmbH., Dortmund, 1953, 217 S.
3. S m i t h E. S., Automatic Control Engineering, 5 Aufl. Mc Graw-Hill New York und London, 1944.
4. J a m e s H. H., N i c h o l s N. B., P h i l i p p s R. S., Theory of Servomechanisms, Mc Graw-Hill, 1947.
5. L e o n h a r d A., Die selbsttätige Regelung, Verlag Springer, Berlin, 1949.
6. O l d e n b o u r g R. C., S a r t o r i u s H., Dynamik selbsttätiger Regelung, 2. Aufl., Verlag R. Oldenbourg, München, 1951, 258 S.
7. J o h n S., Die Fernmessung I. Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1951, 100 S.
8. L e y W., Rockets and Space Travel, 4 Aufl., The Wiking Press, New York, 1947; Deutsche Übersetzung: Vorstoß ins Weltall (Rakete und Raumschiffahrt), Universum Verlags GmbH., Wien, 1948, 392 S.
9. S t e m m e r J., Raketenantriebe, Schwizer Druck- und Verlagshaus A. G., Zürich, 1951, 523 + 9 S.
10. B u r g e s s E., Rocket Propulsion, Chapman & Hall Ltd., London, 1952, 235 p.
11. D o r n b e r g e r W., Der Schuß ins Weltall. Bechtle Verlag, Eßlingen, V. 2, 1952, 296 S.
12. B a u m b a c h W., Zu spät? Aufstieg und Untergang der deutschen Luftwaffe, Richard Pflaum Verlag, München, 1949.

ДОКЛАДЫ И МОНОГРАФИИ:

13. S t e p p W., Physikalische Grundlagen der Funkmessortung. [2], S. 19—77.
14. K u n z e W., Die Technischen Geräte und Verfahren der Schallortung in der Schiffahrt. [2], S. 177—194.
15. B r a n d t L., Navigation und Luftsicherung, Veröffentlichungen der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 13, S. 25—80.

16. Brandt L., Rückblick auf die Deutsche Funkmeßtechnik, Interavia, 5 (1950) H. 6, S. 315—321.
17. Klipphahn O., Grundlagen der Funkortung, Fortschritte der Radiotechnik, 1950/51, Lieferung 3, S. 260—285.
18. Richter H., Grundlagen der Impulstechnik, Fortschritte der Radiotechnik, 1950/51, Lieferung 4, S. 343—372.
19. Prokott E., Impulsmodulation. AEU 4 (1950), H. 1, S. 1—9.
20. Mayer H. F., Prinzipien der Pulse-Code-Modulation, Siemens u. Halske, Berlin u. München, 1952.
21. Schröter F., Elektronenstrahlschalter, Telefunken-Zeitung 24 (1951), H. 92, S. 171—186.
22. Schröter F., Quantisierungstechnik, Telefunken-Zeitung 25 (1952), H. 95, S. 115—127.
23. Regelungstechnik, ETZ 73 (1952), Sonderheft 7.
24. Birnbaum H. W., Die Fernlenkversuche der Reichsmarine in den Jahren 1916—1918 ; J. d. drahlt, Telegr. u. Teleph. Z. Hochfrequenztechnik 32 (1928), H. 5, S. 162—170.
25. Mayer M., Selbstgesteuerte und ferngelenkte Flugkörper, Verlag E. S. Mittler u. Sohn, Darmstadt, Nauticus, 1953, S. 154—173.
26. Merten R., Hochfrequenztechnik und Weltraumfahrt. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1951, 116 S.
26.1. Dieminger W., Weltraumfahrt und Ionosphäre, S. 7.
26.2. Döring H., Stand der Zentimeterwellentechnik, S. 19.
26.3. Stepp W., Die Reichweite von Funkmeßgeräten, S. 36.
26.4. Ulbricht G., Funknavigation mit cm-Wellen, S. 44.
26.5. Gundlach F. W., Grundsätzliches über Antennen für Raumfahrzeuge, S. 59.
26.6. Kirschstein F., Die Steuerung von Raumschiffen und ihre Stabilität, S. 70.
26.7. Merten R., Funkverbindungen mit der Außenstation, S. 92.
26.8. Mosoh R., Geschwindigkeitsmessungen nach dem Dopplerprinzip und ihre Anwendung für Flugweitensteuerungen und Bahnvermessungen, S. 102.
27. Über die Entwicklung der Fernsehtechnik bei der Fernseh GmbH. 1939—1945, Fernmeldetechn. Z., 3 (1950), H. 8, S. 308—316.
28. De Vore Ch., Wartime Words and their Meanings, Electronics 20 (1947) Buyers' Guide Issue (June), p. 108—113.
29. Diko K., Die Abtastgeräte der Zielsteuerung für PC 1400 (Baumuster RT/II), Deutsche Luftfahrtforschung, Forschungsbericht, № 1619, DVL Abt. f. Regeltechnik 11, 5, 1942. ZWB.
30. Ernst G., Kramer M., Entwicklung der Unterbrechersteuerung für ferngelenkte Flugkörper, Deutsche Luftfahrtforschung FB № 1717, DVL Gruppe für Sonderaufgaben (ZLB) Berlin—Adlershof 6, 1, 1943, ZWB.
31. Bock H., Ernst G., Kramer M., Ergebnis der „Fritz-X" — Erprobung der DVL bei der Erprobungsstelle Süd in Foggia (15, 3, bis 10, 4, 42), DVL—ZLB 1, 7, 42, Hierin Zusammenstellung des Schrifttums über „Fritz-X".

32. Sponder W., Untersuchungen der Seitenstabilität einer Gleitbombe mit einer automatischen Steuerung ohne Voreilung, Deutsche Luftfahrtforschung FB, № 1819.
33. Leisegang H., Die Abweichung gelenkter Flugbomben von der Verfolgungskurve, Deutsche Luftfahrtforschung FB Nr. 1829, DFS Inst. f. Flugausrüstung, 1. 7. 1943, ZWB.
34. Fischel E., Bach K., Das Zielen mit Flugbomben nach dem Deckungsverfahren im Modellversuch, Deutsche Luftfahrtforschung FB, № 1830.
35. Fischel E., Bach K., Die Lenkung von Flugbomben im Modellversuch, DFS Inst. f. Flugaustrüstung Hausbericht, № 20, 12.1. 1942.
36. Fischel E., Bach K., Ergebnisse beim Zielen mit Flugbomben nach Deckungsverfahren im Modellversuch, Deutsche Luftfahrtforschung FB, № 1831, DFS Inst. f. Flugaustrüstung, 1.6. 1943.
37. Fischel E., Die Bahnkurven gelenkter Flugbomben in der Kursebene FB, № 1832.
38. Staiger, Das Zielen mit Flugbomben nach dem Fernsehverfahren im Modellversuch, FB № 1897, DFS Inst. Flugausrüstung, Dezember 1943, ZWB.
39. Gertloff A., Beiträge zur Aufgabe des Bombensteuerns nach Fernsehbild, DFS Abt. Hochfrequenz Bericht № 66, 1, 3, 1943.
40. Klein F., Über den Treffehler beim Verfolgungszielen mit Fernsehbomben, Deutsche Luftfahrtforschung Untersuchungen und Mitteilungen, № 3501, DFS, 19.6, 1943, ZWB.
41. Fischel E., Selbststeuern und Fernlenker von Flugbomben, Deutsche Akademie der Luftfahrtforschung, Schrift № 1054/42.
42. Schedling J., Über die Modelldarstellung einer gelenkten Flakrakete, Deutsche Luftfahrtforschung Untersuchungen und Mitteilungen, № 3508.
43. Fölsche T., Die Erkennbarkeit von Land- und Seezielen mit rot- und blauempfidlindlichen Ikonoskopen des natürlichen Beleuchtungs- und Dunstverhältnissen, DFS Abt. Hochfrequenz.
44. Fölsche T., Die Erkennbarkeit von Luftzielen der Dunstschicht mit Kleinbildfernsehkamera, DFS Abt. Hochfrequenz, 23, 8, 1944.
45. Rustmeier Funkmeßgeräte-Entwicklungen, Decknamenverzeichnis, Abschrift einer Übersicht der Sonderkommission für Funkmeßtechnik, August, 1944.
45.1. Entwicklungen auf dem Ultrarot-Gebiet. Anlage zu [45].
46. Erläuterungen zu den Entwicklungen der G-Liste, Abschrift eines Schreibens Dr. Dzr/Hs. vom 24.5. 1944.
47. Schwarz/Telefunken, Das Verfahren „Rheinland", Abschrift eines Schreibens EZ-Spez./Schw/Pa. vom 28.8. 1944.
48. Güllner G., Dräger, Zielsuchgeräte, Allgemeine Einteilung der Verfahren, Abschrift eines Berichtes Dr./Wz. vom 1.11. 1945.
49. Zielsuchendes Gerät Max-A und Max-P Abschrift eines Berichtes vom 21.6. 1945.

50. P r e s s l e r H., Das Funkmeßverfahren „Licht", Unveröffentliche Arbeit, 1945.
51. W e m h e u e r K., Auswerte — Schaltungen zum Verfahren „Licht" (Dauerstrich-Verfahren „Moritz"). Manuskript-Entwurf.
52. M ü l l e r F., Probleme und Verfahren der Fernlenkung. Bücherei der Funkortung Bd. 2, Teil VS. 34—44.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ

53. G u é r i t o t, Etude sur le problème de la Télémécanique par T. S. F., L'Onde Electrique 1 (1922), fasc. 3, p. 141 et suiv. Bericht in *J. d. drahtl. Telegr. u. Teleph., Z. f. Hochfrequenztechnik*, 20 (1922) fasc. 6., p. 472—474.
54. S t a n n e r W., Die Fernsteuerung schneller Verkehrsmittel, *Elektron* 1 (1947), S. 135—141.
55. S t a n n e r W., Fernsteuerung Orion, 1947, H. 8, S. 366—370.
56. M ü l l e r F., Probleme und Verfahren der Fernlenkung, *Elektron*, 5 (1951—1952), H. 12, S. 377—389.
57. Ferngelenkte Geschosse (nach R. Sänger in NZZ) electron (Linz) 1951, H. 11, S. 351—352.
58. Radio Telearchics, *Wireless Wirld*, 57 (1951) H. 9, S. 342—346, Berichte in [59] und [78].
59. Grundsätzliches über drahtlose Fernsteuerungen, Funkschau, 23 (1951), H. 23, S. 476—478.

ТРУДЫ ПО ВОПРОСАМ РЕГУЛИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

60. Der Siemens-Autopilot, *ETZ*, 56 (1935), H. 4, S. 88—89.
61. W ü n s c h G., Kurssteuerung von Flugzeugen, *Z. VDI*, 85 (1941), S. 89.
62. M e r e d i t h F. W., The modern Auto-Pilot, *J. Royal Aeron. Soc.*, 53 (1949), S. 409.
63. Automatische Kurssteuerung [23], S. 230.
64. O p p e l t W., Steuerung und Regelung des Kurses von Fahrzeugen [23], S. 245—246.
65. Automatic Controls for Pilotless Ocean Flight, *Electronics*, 20 (1947, December), S. 88—92.
66. A n a s t J. L., Über einen automatischen Flug von Neufundland nach England im Jahre 1947 und jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der Steuerautomatik, Bücherei der Funkortung, Bd. 2, Teil IV, S. 49—55.
67. K o o y J. M. J., Principle electronic scheme for automatic pilot of long range rocket, *Der Ingenieur* ('s-Gravenhage) 65 (1953) № 20, p. 0,9—0, 13.
68. Patin Werkstätten für Fernsteuerungstechnik GmbH, Druckschrift № 1. Kurzbeschreibung und Bedienungsanweisung der Patin-Dreiruderstеuerung (LDS).
69. So wurde die V 2 gesteuert, elektron (Linz), 1946, H. 1, S. 8—9.
70. Nochmals die V 2. elektron (Linz), 1946, H. 3, S. 43.

71. K i r c h s t e i n F., Elektrotechnisches von der V-2, *ETZ* 71 (1950), H. 11, S. 281—287.
72. V 2 und die Funktechnik. elektron (Linz), 1951, H. 9, S. 282—283, 290—291.
73. C h r i s t i a n s e n H. M., Raketen Elektronik, Elektron, 5 (1951), S. 21—28.
74. G o o d W. A., G o o d W. E., Radio Control of Model Aircraft, *QST 35* (1951), vol. 8, p. 12—14, 104.
75. G o o d W. A., G o o d W. E., Receivers for Radio-Controlled Models, *QST 35* (1951), vol. 9, p. 22—25.
76. L a w s o n H. W., A Radio-Control System for Models, QST 36 (1952), vol. 2, p. 17—19, 112.
77. Telearchics on Show, *Wireless World*, 57 (1951), vol. 10, p. 433/34.
78. S c h u l t h e i s s K., Drahtlose Fernsteuerung von Modellfahrzeugen, *DL—QTS*, 23/6 (1952), H. 6, p. 256—262.
79. T r ö g e r F., Funksteuerung für technische Modelle, *Technik und Handwerk* 6, 6 (1951), H. 5—6, p. 133—134.
80. Ein einfache Fernsteuerung für Flugzeugmodelle. elektron (Linz) 1951, H. 9, S. 294.
81. Empfänger für drahtlose Fernsteuerung, *Funk-Technik*, 7 (1952), H. 6, S. 154—155.
82. M ö l l e r C., Elektronische Modellsteuerung, *Funk-Technik*, 7 (1952), H. 13, S. 352—354, 359.
83. M ö l l e r C., Die Rudersteuerung von ferngelenkten Modellen, *Funk-Technik*, 7 (1952), H. 14, S. 282—383.
84. Modellsteuerung mit 4 Tonkanälen, *Funk-Technik* 8 (1953), H. 6, S. 184. (Nach La T. V., Radio-Revue, Dezember 1952, S. 449.)
85. S c h u l t h e i s s K., Drahtlose Steuerung von Modellfahrzeugen, *Funkschau*, 24 (1952), H. 20, S. 395.
86. Desgl., *Funk-Technik*, 7 (1952), H. 10, S. 257.
87. Wettbewerb für drahtlos ferngelenkte Flugzeugmodelle, *Funkschau*, 24 (1952), H. 20, S. 400.
88. T r ö g e r F., Die Funk-Fernsteuerung von Flugmodellen, *Funkschau*, 25 (1953), H. 10, S. 175—178.
89. D i e f e n b a c h W. W., K n o b l o c h W., Empfängerprobleme bei Flugmodell-Fernsteuerung, *Funkschau*, 25 (1953), H. 10, S. 178—182.
90. B r u i n s m a A. H., Dahtlose Fernsteuerung mittels eines Amplituden-Modulations- und eines Impuls-Modulations-Systems, Philips Technische Bibliothek, Populäre Reihe, Eindhoven, 1953.
91. S c h u h R., Weiß A., Mittels elektrischer Wellen steuerbarer Torpedo, Österreich Patentschrift 34845, 1908.
92. M ü l l e r F., Zur Systematik der ferngelenkten Waffen, *Europäische Sicherheit* 1 (1951), H. 3, S. 17—22.
93. B u r g e s s E., German Guided and Rocket Missiles, *The Engineer*, 184 (1947) October.

94. German Electronic Equipment, *Wireless World*, 52 (1946), S. 16, 163—164.
95. Friedl H., Fliegende Bomben. elektron (Linz), 1947, H. 6, S. 134—136.
96. Die "unfehlbare" Flugbombe, elektron (Linz) 1947, H. 8—9, S. 190—191.
97. Müller F., Fernlenkung fliegender Objekte, *ETZ*, 73 (1952) Ausg. A H. 23, S. 739—744.
98. von Felgel-Farnholz R., Fernsehen zwischen bewegten Objekten, *Radiotechnik*, 24 (1948), H. 11, S. 593—598.
99. von Felgel-Farnholz R., Ein Fernseh-Hochleistungsempfänger, *Funk-Technik*, 4 (1949), H. 3, S. 68—69.
100. Perron R. R., Shape Recording with Ratio-Modulated Tape, *Electronics*, 23 (1950) November, S. 104—108.
101. Clark H. L., Sun Follower for V-2 Rockets, *Electronics*, 23 (1950) October, S. 71—73.
102. Ulbricht G., Die Richtfunk-Verbindungsanlage IDA 22, *Telefunken-Zeitung*, 24 (1951), H. 92, S. 143—162.
103. Sonar (das bisher geheimgehaltene amerikanische Untersee-bootsuchgerät). elektron. (Linz) 1947, H. 4—5, S. 85—89.
104. Blaupunkt-Werke GmbH. Beschreibungsentwurf der Anlage FKL 8.
105. Friedel H., Raketenflugzeuge. elektron. (Linz) 1947, H. 10, S. 234—237.
106. Bachem E., Einige grundsätzliche Probleme des Starts bemannter Raketen, Weltraumfahrt 1953, H. 3, S. 78—81.
107. Linke F., Nachrichtenverkehr und Ortung im Weltraum, *Funkschau*, 24 (1952), H. 23, S. 459.
108. Hoffleit D., DOVA P. — A Method for Surveying Highaltitude Trajectories, *The Scientific Monthly*, 68 (1949), p. 172, Auszug in Weltraumfahrt, 1950, vol. 5, p. 117—120.
109. Heeren V. L. u. a, Telemetering from V-2 Rockets, *Electronics*, 20 (1947) March, p. 100—105, and April, p. 124—127.
110. Best N. R., Matrix Telemetering System, *Electronics*, 23 (1950, August), p. 82—85.
111. Pigeon, Chasseurs contre bombardiers modernes, *Revue de l'armée de l'air*, 103 (1938), p. 141.
112. Gabriel F., Mathematik der Hundekurve, Relativbewegungen eines Jägers zum angegriffenen Kampfflugzeug, *Deutsche Luftwacht*, Ausg. Luftwissen, 9 (1942), S. 21, 220.
113. Possibilities of Electronic Control of Automobiles, Explored by Dr. Zworikyn, *Elektrical Engineering*, 72 (1953), № 9, p. 849—850, Bericht in *Funk-Technik*, 8 (1953), H. 21, p. 692—693.
114. Bukolt B., Die drahtlose Lenkung von Flak-Raketen, Unveröffentlichter Bericht.
115. Caroll J. M., How Electronics Controls Guided Missies, *Electronics*, 26 (1953) July, p. 130—136.

СОДЕРЖАНИЕ

Ф. Мюллер
ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ
Редактор *Ф. Ф КРУГЛИКОВ*
Переплет художника *Л. А Рабенау*
Технический редактор *С. В. Клименко*
Сдано в производство 6/IV — 1957 г.
Подписано к печати 9/VIII — 1957 г.
Бумага 84 · 108[1]/[32] = бум. л. 5,0
Печ. л. 16,4 в т/ч 1 вкл.
Уч.-изд. л. 16,6. Тираж 10.000 экз. Изд. № 18/3181
Цена 12 р. Зак. 3902.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ,
Москва, Ново-Алексеевская, 52.

Университетская типография
Будапешт (Венгрия)